



Etat de l'art et synthèse en matière de prospective. ETHEL. Rapport R1

Nicolas Morice, Jean-Pierre Traisnel, Karine Delvert, Steve Macraigne, Pascal Pochet, Charles Raux, Jean-Pierre Nicolas

► To cite this version:

Nicolas Morice, Jean-Pierre Traisnel, Karine Delvert, Steve Macraigne, Pascal Pochet, et al.. Etat de l'art et synthèse en matière de prospective. ETHEL. Rapport R1. 2004. halshs-00101186

HAL Id: halshs-00101186

<https://shs.hal.science/halshs-00101186>

Submitted on 5 Oct 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ACTION CONCERTEE ENERGIE

ETHEL

Energie, Transport, Habitat, Environnement, Localisations

Rapport R1

Etat de l'art et synthèse en matière de prospective

LET **Laboratoire d'Economie des Transports**

UMR 5593 CNRS – Université Lyon 2 Lumière – ENTPE

LTMU **Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines**

UMR 7136 CNRS – Université Paris 8 Vincennes St Denis

CIREN **Centre International de Recherche sur
l'Environnement et le Développement**

UMR 8568 CNRS – EHESS – ENPC – ENGREF

Juin 2004

AUTEURS :

Nicolas MORICE (LET)

Jean-Pierre TRAISNEL (LTMU)

Karine DELVERT (LET)

Steve MACRAIGNE (LTMU)

Pascal POCHET (LET)

SOUS LA DIRECTION DE :

Charles RAUX (LET)

Jean-Pierre TRAISNEL (LTMU)

Jean-Pierre NICOLAS (LET)

L'ensemble des participants au projet ETHEL a contribué aux réflexions dont ce travail est issu.

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE DU PROJET ETHEL	4
2. PRESENTATION DE L'ETAT DE L'ART	5
2.1. Objectifs	5
2.2. Méthode	5
3. ANALYSE DES PROSPECTIVES ENERGIE, TRANSPORT, HABITAT, LOCALISATIONS	7
3.1. Origine des travaux prospectifs	7
3.2. Champ d'observation des travaux prospectifs	9
3.2.1. Secteurs d'activité	9
3.2.2. Echelles spatiales	10
3.2.3. Horizons temporels	10
3.3. Contenu méthodologique des travaux prospectifs	10
3.3.1. Méthodes de projection employées	10
3.3.2. Hypothèses retenues	11
3.3.3. Résultats obtenus, principales conclusions	15
4. HYPOTHESES POUR L'ELABORATION DES SCENARIOS ETHEL	17
4.1. Démarche prospective du projet ETHEL	17
4.2. Variables issues de l'analyse des travaux prospectifs	20
4.3. Présélection d'hypothèses pour l'élaboration des scénarios ETHEL	22
5. CONCLUSION	26
ANNEXE 1 : Fiches de lectures	27
ANNEXE 2 : Présentation du projet AGORA 2020	61
BIBLIOGRAPHIE	64

1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE DU PROJET ETHEL

La lutte contre l'effet de serre est une priorité nationale, notamment dans le résidentiel/tertiaire et les transports. Par la croissance de leurs émissions de gaz à effet de serre (GES), ces deux secteurs tendent à effacer les progrès obtenus entre 1990 et 2000 dans l'industrie (-19%), la production énergétique (-10%) et le traitement des déchets (-7%). Les transports (+20%) et le résidentiel et tertiaire (+11%) montrent en effet des évolutions préoccupantes, malgré les avancées technologiques sur le neuf (automobiles et bâtiments). L'accroissement des distances parcourues et des surfaces chauffées contribue également à la dérive des consommations d'énergie. La réduction de ces consommations pourrait favoriser l'indépendance énergétique du pays. Cette question de société interroge les modes de vie, les politiques publiques –dans les actions relevant de l'aménagement du territoire–, la dynamique des innovations technologiques dans le système bâtiment-motorisation.

Le projet ETHEL vise à :

- simuler les conséquences –au plan de la consommation d'énergie et d'émission de GES– d'hypothèses sociétales et technologiques sur l'évolution des modes de vie, des localisations d'activités, des types de logements associés, des offres de transports et des comportements de déplacements associés ;
- en produisant des indicateurs environnementaux, spatiaux, économiques et sociaux ;
- pour situer les enjeux énergétiques, principalement, mais aussi financiers, sociaux et territoriaux de telle ou telle filière technologique (existante ou prospective) ou politique d'aménagement, de réglementation, de tarification, de fiscalité...

En bref, il s'agit de déterminer les marges de manœuvre des pouvoirs publics, les cibles ou les politiques susceptibles d'avoir le meilleur rapport coût-efficacité.

Le lien entre transports et localisations reste mal maîtrisé : faute de mieux (et faute de données) on se limite à prolonger les tendances à l'allongement des distances observées dans le passé ou à modéliser l'étalement des villes au cours du temps, en fonction des distances, voire des durées d'accès au centre. On pressent toutefois que l'extension des infrastructures de transport en quantité et en qualité est un facteur majeur d'ouverture de nouveaux espaces à l'urbanisation et de régulation des valeurs foncières. De même, les modèles de distribution spatiale des déplacements (le plus souvent gravitaires) se révèlent mal adaptés quand il s'agit de simuler les effets d'inversion de la tendance séculaire à la diminution des coûts (monétaires et temporels) du transport. On ne sait donc pas, au-delà du discours, quelle pourrait être l'efficacité réelle de politiques publiques réglementaires, tarifaires ou fiscales sur les transports et les localisations, qui viseraient à réduire les distances parcourues ou à « re-compacter » la ville.

En outre, s'il existe un lien évident entre type de densification et type de logement, la spécification et la quantification de cette relation restent à établir. La comparaison des bilans énergétiques établis pour différentes configurations spatiales pourrait contribuer à cette tâche, sur la base de l'estimation des besoins de transports et de mobilité, et des besoins d'exploitation (chauffage, éclairage...), en fonction de la localisation et de la nature des bâtiments.

Enfin, il semble difficile de continuer à séparer ces différentes dimensions d'activité (transports, localisations, habitat) dans la mesure où leur régulation économique s'adresse directement aux arbitrages que font les acteurs, ici les ménages, entre leurs différents postes budgétaires. Les arbitrages entre coût du logement (et sa surface) et coûts des transports, en fonction des revenus du ménage, ont été mis en évidence par exemple en région parisienne

par Polacchini et Orfeuil. Il existe donc une unité de décision à la base des comportements, unité qui impose une simultanéité d'analyse de ces différentes dimensions.

Le champ d'investigation de ce projet est, en matière de transports, limité aux déplacements des personnes mais dans le cadre de leur mobilité annuelle (non limité à la mobilité quotidienne ni à l'urbain) et, en matière d'habitat, principalement consacré à l'exploitation des logements (résidences principales et résidences secondaires). L'horizon est 2020, en retrait par rapport au projet « modélisation horizon 2050 ».

Enfin, l'entrée privilégiée est celle des modes de vie, des individus et de leurs ménages, en tant qu'arbitres de leurs choix de logement, de localisations et de transport.

2. PRESENTATION DE L'ETAT DE L'ART

2.1. Objectifs

L'état de l'art prévu pour la tâche A.1. du projet ETHel poursuit deux objectifs :

- dresser un bilan synthétique des connaissances acquises en matière de prospective dans les domaines de l'énergie, des transports, de l'habitat, de l'environnement et des localisations ;
- en déduire les principales hypothèses qui pourront être retenues lors de l'élaboration de scénarios prospectifs prévue au cours des étapes suivantes du projet ETHel (activité C).

2.2. Méthode

Pour répondre à ces deux objectifs, notre travail s'est organisé de la manière suivante :

- une sélection de travaux prospectifs a d'abord été opérée, selon des critères explicites, parmi la littérature d'origine scientifique, institutionnelle et industrielle existante ;
- le contenu de ces travaux a ensuite été analysé, à l'aide d'une grille de lecture définie *ad hoc*, puis synthétisé afin d'en extraire les éléments les plus pertinents (méthodes, hypothèses et résultats) ;
- enfin, les principales hypothèses susceptibles d'être retenues lors des étapes suivantes du projet ETHel ont été identifiées, en procédant à un traitement spécifique des variables recensées dans les différents travaux prospectifs analysés.

Sélection de travaux prospectifs

Les documents utilisés pour établir cet état de l'art ont été sélectionnés selon trois critères :

- *Délimitation spatiale* : nous avons considéré que le projet ETHel ne se limite pas aux phénomènes urbains, et que son champ d'investigation s'étend à l'ensemble du territoire national. Toutefois, les travaux ayant recours à des découpages territoriaux plus fins (échelles régionale, urbaine...) n'ont pas été exclus.
- *Délimitation temporelle* : seuls les travaux prospectifs les plus récents, c'est-à-dire publiés depuis le début des années 1990, et dont les projections ne dépassent pas l'horizon 2050 (les horizons 2020-2030 paraissant mieux appropriés à la problématique du projet ETHel), ont été pris en compte.
- *Délimitation sectorielle* : nous avons sélectionné les travaux prospectifs s'intéressant aux activités de logement et de déplacement des personnes, aux localisations des ménages et des activités, ainsi qu'aux productions et aux consommations de ressources environnementales qui en résultent.

Par ailleurs, nous avons également prêté attention à certains travaux non prospectifs, permettant néanmoins d'enrichir notre connaissance ou nos questionnements sur les relations entre l'énergie, le transport, l'habitat et les localisations.

Analyse et synthèse des travaux prospectifs

Pour procéder à l'analyse rigoureuse et systématique des travaux sélectionnés, une grille de lecture a été mise au point. Les informations contenues dans chacun des travaux analysés ont ainsi pu être collectées sous une forme standardisée, décomposée en 5 sections :

- origine de l'étude ;
- champs d'observation ;
- principales hypothèses ;
- principaux résultats ;
- typologie des variables prises en compte.

Le contenu analytique de chaque fiche de lecture peut être consulté en annexe, tandis que le corps du présent rapport en fournit une synthèse.

Formulation des hypothèses ETHEL

Afin de proposer des hypothèses adaptées à l'élaboration de scénarios stratégiques, nous avons choisi d'inscrire notre travail dans la démarche prospective¹ qui sera développée lors des travaux de l'activité C du projet ETHEL. Cette démarche comporte quatre étapes majeures :

- repérer les **variables clés** de l'avenir énergétique en matière de transports, de localisations et d'habitat ;
- distinguer, dans cet ensemble, les variables pour lesquelles les pouvoirs publics disposent d'une **maîtrise** faible, de celles pour lesquelles prévaut une assez bonne maîtrise, ces dernières étant assimilées aux « leviers disponibles » ;
- distinguer, parmi les variables faiblement maîtrisées, celles dont **l'incertitude** est également faible (variables assimilées aux « tendances lourdes »), de celles pour lesquelles l'incertitude est forte (variables susceptibles de « cliver » les futurs possibles) ; la combinaison de ces deux catégories de variables permet alors de construire des scénarios prospectifs ;
- confronter les leviers disponibles avec les scénarios élaborés, afin de définir les stratégies envisageables par les pouvoirs publics.

Nous avons donc entrepris, à partir des travaux prospectifs analysés, une première identification des tendances lourdes, des leviers disponibles et des variables pouvant cliver les futurs possibles.

Cette ébauche de réflexion ne vise pas à arrêter définitivement un jeu d'hypothèses précises et chiffrées, mais à mettre en évidence et à proposer différents arguments qui pourront être débattus lors de la formulation et de l'adoption ultérieure de ces hypothèses. Elle est donc avant tout force de proposition.

¹ Cette démarche s'inspire d'un travail de Jacques ARCADE (Proactivité conseil), cité par PLASSARD F. (2003) *Rétrospective de la prospective – La prospective dans le domaine des transports – Recherche critique*, Rapport pour le PREDIT

3. ANALYSE DES PROSPECTIVES ENERGIE, TRANSPORT, HABITAT, LOCALISATIONS

3.1. *Origine des travaux prospectifs*

Pour étudier les différents travaux prospectifs recensés, nous nous sommes d'abord interrogés sur l'identité de leurs auteurs et de leurs destinataires, ainsi que sur les motifs, les objectifs et les attentes qu'ils peuvent exprimer envers ces travaux. A partir de ce questionnement, trois types de finalité ont été identifiés : la prospective peut servir des intérêts publics ou privés, à des fins politiques, scientifiques ou commerciales. Cette distinction explique en partie la diversité des travaux prospectifs analysés : ils correspondent à différents enjeux et responsabilités dans les processus stratégiques de planification, de décision et d'acquisition de connaissances.

Finalité politique

La plupart des travaux analysés ont été initiés par des institutions nationales (CGP, DRAST, MIES, DGEMP...), au travers d'importants programmes de recherche (Energie 2010-2020, ECODEV, PREDIT...). Ils répondent ainsi aux préoccupations manifestées par l'Etat central, qui sont expliquées par les raisons suivantes :

- depuis une trentaine d'années, la disponibilité, la sécurité et la pérennité de l'approvisionnement de la France en énergie fossile ne sont plus garanties, du moins à un coût stable, notamment en raison des aléas géopolitiques internationaux et de l'épuisement des gisements de ressources exploitables à bon marché ;
- les politiques d'économie d'énergie consécutivement mises en œuvre ne sont pas suffisantes pour maîtriser la consommation d'énergie fossile dans les secteurs des transports et du résidentiel-tertiaire ;
- les considérations environnementales prennent davantage d'importance pour l'ensemble des acteurs socio-économiques du pays, ce qui suscite, entre autres, des controverses sur les émissions de gaz à effet de serre et la production d'énergie nucléaire ;
- les engagements internationaux pris par l'Etat ne seront pas respectés si l'évolution tendancielle de la production et de la consommation de ressources environnementales se poursuit, malgré les progrès technologiques attendus ;

La conjonction de ces facteurs entraîne un accroissement des incertitudes sur l'avenir énergétique de la France. Afin de réduire ces incertitudes, les décideurs ont recours aux travaux de prospective, dont les réflexions sont alors menées dans le but de définir ou d'orienter les politiques sectorielles de long terme (énergie, transports, logements, environnement, aménagement, industrie...). Ces travaux fournissent également une aide technique, de qualité variable, permettant de légitimer les décisions prises afin de maîtriser l'évolution à court terme de ces secteurs.

On observe qu'une part importante de ces travaux est initiée et réalisée par une sphère restreinte d'acteurs (institutions, organismes de recherche, bureaux d'études...). Ce caractère « consanguin » garantit une certaine continuité dans le déroulement de la démarche scientifique (les travaux des uns se nourrissent des résultats des autres), mais peut parfois aboutir à des carences méthodologiques (remise en cause critique insuffisante, hypothèses reprises à l'identique sans justification complémentaire, répétition des actions stratégiques et des mesures proposées...).

On remarque à cet égard que les réflexions menées dans le cadre du « débat national sur les énergies », qui s'est déroulé en 2003, et dont l'objet était précisément d'élargir la discussion entre experts à l'ensemble des citoyens, ont permis d'établir des constats et des objectifs communs aux acteurs concernés : *« le débat national a permis de dégager plusieurs consensus quant à notre future politique énergétique. Celle-ci devra s'appuyer sur la relance d'une véritable politique de maîtrise et d'efficacité énergétique et, ainsi, concourir à la diminution par quatre de nos émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. Le « bouquet énergétique » devra être diversifié, en limitant la part des énergies fossiles, en développant les énergies renouvelables électriques et thermiques et en encourageant les efforts de recherche »*². Ces positions sont détaillées dans un Livre blanc³.

Finalité scientifique

Outre ce rôle d'aide aux décideurs, les travaux prospectifs présentent un intérêt scientifique intrinsèque.

En effet, la prospective n'est pas ancrée dans un champ disciplinaire unique : elle fait appel à différentes approches pour observer les événements passés (économiques, démographiques, technologiques, organisationnels...), comprendre leurs mécanismes interactifs d'évolution, et concevoir des scénarios plausibles pour envisager l'avenir (scénarios de référence, contrastés, volontaristes, contraints...).

Elle participe en ce sens à la promotion d'une forme d'interdisciplinarité (mêlant sciences de l'homme et de la matière, fondamentales et appliquées), depuis longtemps considérée comme nécessaire aux progrès de la recherche scientifique. Par cet aspect hétéroclite, la prospective continue toutefois de souffrir d'une reconnaissance mitigée, tantôt assimilée à la prévision, voire à la prédiction. Il s'agit pourtant d'une démarche théoriquement rigoureuse, qui s'appuie sur un ensemble de techniques continuellement développées par la communauté scientifique (comme en attestent, par exemple, les récentes applications des techniques de back-casting, sur lesquelles nous reviendrons plus loin dans ce rapport).

Ce constat nous amène à aborder la question de l'évaluation des travaux prospectifs : comment apprécier la qualité de ces travaux ? A l'aide de quels critères ? De récentes synthèses de travaux prospectifs méritent ici d'être mentionnées pour leur contribution en la matière : les études du CNT⁴ et d'ECRIN⁵ proposent une évaluation de type « benchmarking » (comparaison de différents travaux prospectifs récents ou actuellement en cours), alors que le travail de François PLASSARD⁶ pour le PREDIT tente d'évaluer le contenu de prospectives plus anciennes au regard des évolutions réellement constatées durant les trente dernières années (évaluation *a posteriori*).

Finalité commerciale

Les travaux prospectifs ne sont pas seulement l'apanage du secteur public. Les acteurs du monde industriel (producteurs et distributeurs de biens et de services) s'y intéressent

² Extrait du communiqué de presse ministériel intitulé « Bilan et suites du débat national sur les énergies », publié le 19 juin 2003

³ Ministère délégué à l'Industrie (2003) *Livre blanc sur les énergies*

Ce document ne constitue pas un exercice de prospective, mais exprime l'opinion des responsables politiques nationaux, en préparation d'une prochaine « loi d'orientation sur les énergies »

⁴ CNT (2003) *Prospective des transports en Europe*, Observatoire des politiques et des stratégies de transport en Europe, Dossier n°5

⁵ ECRIN (2004) *Prospective sur les transports*

⁶ PLASSARD F. (2003) *Rétrospective de la prospective – Prospective dans le domaine des transports – Recherche critique*, Rapport pour le PREDIT

également : certains d'entre eux ont d'ailleurs constitué, au sein de leur propre organisation, de véritables forces de travail dévolues à cette tâche.

Selon les contextes et les conjonctures, les objectifs assignés par les entreprises à la démarche prospective peuvent concerner la satisfaction de leur clientèle, le développement technologique, la gestion stratégique des marchés concurrentiels, l'adaptation aux contraintes de l'offre et aux exigences de la demande...

Les travaux les plus aboutis dans ces domaines émanent essentiellement des secteurs de l'énergie et des transports (groupes pétroliers et constructeurs automobiles). Il est toutefois difficile, pour des raisons évidentes de confidentialité, d'obtenir un accès complet à ces travaux de prospection industrielle et commerciale : il existe sans doute une forme de rétention des informations stratégiques dont disposent les groupes concernés. Dans le cadre d'ETHEL, nous avons eu accès à quelques éléments provenant des travaux de Shell, BP, Bosch, Siemens, Renault et PSA, mais dont la teneur est insuffisante pour identifier leur méthode, leurs hypothèses et leurs résultats.

3.2. Champ d'observation des travaux prospectifs

3.2.1. Secteurs d'activité

Il n'existe pratiquement pas de prospectives abordant simultanément l'ensemble du champ d'étude du projet ETHHEL. La plupart d'entre elles sont des prospectives sectorielles, concernant surtout les secteurs de l'environnement (énergie, effet de serre) et des transports. Peu de travaux ont été publiés sur les questions d'habitat et de localisation.

Sélectionnés en fonction des centres d'intérêt d'ETHEL, ces travaux s'intéressent principalement aux phénomènes suivants :

- pour le secteur « énergie & environnement » :
 - aux émissions de GES, notamment de CO₂ ;
 - aux productions et aux consommations d'énergie, selon le type de ressource et d'usage final ;
- pour le secteur « transports, mobilité, déplacements » :
 - aux transports terrestres et aériens (fluvio-maritimes exclus) ;
 - aux transports de voyageurs et de marchandises (offre, demande, tarification, distances parcourues, répartition modale, types de véhicules...) ;
 - aux transports urbains, régionaux et interurbains ;
- pour le secteur « habitat, logement » :
 - aux caractéristiques techniques des bâtiments (résidentiels et tertiaires) et des équipements domestiques ;
 - aux habitants et à leur mode de vie ;
- pour le secteur « localisations, aménagement, usage du sol » :
 - à la consommation d'espace et à sa disponibilité (densités et répartition spatiale des populations, des terrains bâtis, des activités...) ;
 - à l'accessibilité des territoires (et à ses effets générateurs de déplacements et de choix d'implantations) ;

- aux aménités offertes (mixité fonctionnelle, concentration...) ;
- aux valeurs foncières et immobilières.

3.2.2. Echelles spatiales

Ces phénomènes sont étudiés à l'échelle nationale dans presque tous les travaux analysés. Ce niveau macroscopique d'observation n'empêche cependant pas certains d'entre eux de recourir à des découpages territoriaux plus fins, en distinguant par exemple l'évolution des territoires urbains (communes, agglomérations, aires urbaines...) de celle des territoires périurbains ou ruraux. En revanche, aucun travail de prospective n'établit de distinction entre les différentes régions du territoire national (à l'exception des disparités entre Ile-de-France et Province), si bien que les évolutions projetées paraissent s'appliquer à toutes les régions de manière homogène.

Cette agrégation spatiale des données atteste de l'existence d'un seuil de signification de la prospective : plus un territoire est restreint, plus les projections de son évolution sont risquées, car elles sont d'autant plus marquées par l'incertitude.

3.2.3. Horizons temporels

Les phénomènes observés dans les travaux de prospective sélectionnés font l'objet de projections à des horizons temporels allant de 2010 à 2050. En rapportant ces dates à celles de la publication des travaux, on s'aperçoit que les délais de projection sont compris entre 15 (moyen terme) et 50 ans (long terme). Le choix de ces horizons reste rarement justifié.

Les travaux ne fournissent généralement pas d'estimations intermédiaires au cours de la période de projection, ce qui donne parfois l'impression d'un « parachutage » des valeurs numériques obtenues au terme de l'horizon fixé.

A l'inverse, des séries chronologiques de données sont souvent fournies pour décrire rétrospectivement l'évolution passée des secteurs de l'énergie, des transports et de l'habitat.

3.3. Contenu méthodologique des travaux prospectifs

3.3.1. Méthodes de projection employées

Plusieurs méthodes ont été développées pour accomplir des exercices de prospective⁷. Parmi elles, on peut relever les plus couramment utilisées : analyse structurelle, consultation d'experts (« Delphi »), construction de scénarios d'évolution à partir d'extrapolations tendanciennes (« fil de l'eau » ou « business as usual »), à partir de prévisions conditionnelles (« forecasting ») ou à partir d'objectifs supposés atteints (« back-casting »). Ces méthodes ont toutes été mises à contribution dans les travaux analysés, exceptée l'analyse structurelle que nous n'avons pas rencontrée.

Notons que chacune de ces méthodes est fondée sur l'observation d'événements passés, qui forme le seul référentiel permettant d'ancrer les travaux prospectifs dans une réalité tangible.

⁷ GODET M. (1997) *Manuel de prospective stratégique*, Tomes 1 et 2, Dunod
HATEM F. (1993) *La prospective – Pratiques et méthodes*, Economica

Principes de projection de deux méthodes générales de prospective :

- *Forecasting* : méthode consistant à définir un scénario de référence (par prolongement de tendances passées ou par assertion de certaines évolutions en cours), ainsi que plusieurs scénarios contrastés (construits en supposant des ruptures⁸, volontaristes ou contraintes), puis à déduire de leur comparaison des interprétations sur les futurs possibles et les stratégies envisageables ;
- *Back-casting* : méthode consistant à définir des objectifs à long terme (ex. critères à respecter), puis, par « projection à rebours », à construire plusieurs scénarios contrastés permettant de les atteindre.

Des modèles sont souvent utilisés en complément, pour simuler l'éventuelle réalisation des scénarios élaborés : les prévisions de variations de l'offre et de la demande en énergie, en déplacements ou en logements font par exemple l'objet de telles simulations (à l'aide de modèles tels que MEDEE, MATISSE, QUINQUIN, ITEMS, MOBISIM...). Pour appréhender l'évolution de ces secteurs d'activité, les modèles utilisent différents niveaux d'agrégation des données. Certains travaux prospectifs portent une attention particulière aux outils de modélisation, en comparant leur sensibilité à un même scénario d'évolution⁹.

Par ailleurs, des recommandations sous forme de mesures susceptibles d'être adoptées sont presque toujours proposées à l'issue des exercices prospectifs, ce qui confirme le rôle d'aide à la décision qui leur est généralement attribué. Toutefois, la précision de ces recommandations est très variable : certaines présentent des estimations quantitatives précises de leurs effets potentiels, tandis que d'autres se contentent d'en suggérer des ordres de grandeur approximatifs.

Quelle que soit la méthode employée, les travaux de prospective s'appuient toujours sur des séries d'hypothèses, dont nous allons à présent tenter de rendre compte de manière synthétique.

3.3.2. Hypothèses retenues

Les hypothèses rencontrées dans les travaux analysés sont très diverses : elles font intervenir des variables décrivant à la fois l'état général du pays (démographie, économie, systèmes de valeurs...) et celui des secteurs de l'énergie, des transports, de l'habitat et des localisations (productions, consommations, coûts, technologies, réglementations...).

De plus, elles entretiennent des relations de causalité : à titre d'exemple, l'évolution de l'économie dépend en partie de celle de la démographie ; la demande de déplacements et la technologie des systèmes de transports influent sur la consommation énergétique ; les réglementations sectorielles en vigueur sont façonnées par les systèmes de valeurs établis.

Seules les variables considérées comme déterminantes dans l'évolution de ces états, général et sectoriels, font l'objet d'hypothèses. Les variables considérées comme négligeables sont donc implicitement exclues (variables dont l'influence est jugée trop locale, trop éphémère ou trop

⁸ Ces ruptures peuvent être technologiques, socio-économiques, politiques, organisationnelles, comportementales, culturelles...

⁹ cf. Annexe I, Fiche 8

BONNAFOUS A. (dir.), BAUMSTARK L., LAPEYRE J. (1998) *Les perspectives de la demande de transport en 2015*, CGP

peu perceptible dans les évolutions générales et sectorielles). Ce choix introduit à l'évidence une part de subjectivité dans la formulation des hypothèses.

Les hypothèses des travaux prospectifs peuvent être étudiées selon la classification suivante :

Hypothèses générales	Hypothèses sectorielles
Démographiques	Energie
Socio-économiques	Transports
Politiques et géopolitiques	Habitat
Comportementales et culturelles	Localisations
	Socio-économiques
	Technologiques
	Réglementaires

Hypothèses générales

L'hypothèse générale la plus fréquemment citée dans les travaux analysés porte sur la croissance économique, ou plus précisément sur la croissance moyenne annuelle du PIB. Durant les 30 prochaines années, celle-ci devrait être comprise entre +1,7% et +2,4%, selon la plupart des prévisions (la valeur de 2,3% étant la plus souvent retenue).

Une seconde hypothèse générale, également très répandue car étroitement liée à la précédente, concerne l'évolution démographique du pays. La démographie est appréhendée au niveau macroscopique, c'est-à-dire sans tenir compte des disparités régionales, ni des soldes naturels et migratoires nationaux. Tous les travaux s'accordent à prévoir un ralentissement progressif de la croissance démographique, couplé à une réduction de la taille des ménages. Selon les estimations, la population française pourrait augmenter de 7,5% à 15% au cours des trente prochaines années, le nombre de personnes par ménage passant de plus de 2,7 à 2,3 sur la même période.

Une hypothèse originale a été retenue par le programme « Energie 2010-2020 » du CGP : il s'agit d'une variation possible du taux d'actualisation servant de critère pour le choix des investissements publics. Actuellement égal à 8%, il pourrait être relevé à 12% selon certains scénarios, ce qui influencerait sur l'ampleur et la répartition des investissements en équipements, notamment en infrastructures.

Quelques hypothèses, de nature qualitative, sont mentionnées sur l'évolution de la situation politique et géopolitique : elles portent sur l'importance accordée par les décideurs aux problèmes environnementaux liés à l'effet de serre et à l'approvisionnement énergétique, sur la modification et la décentralisation des compétences publiques, sur la capacité du système de représentation démocratique à répondre aux attentes des citoyens en matière de mobilité, d'habitat et de localisations, ou encore sur la volonté de promouvoir la recherche et le développement technologique.

Peu de travaux tiennent compte de l'évolution des systèmes de valeurs culturelles et des comportements individuels. La prospective de la mobilité urbaine développée par la DRAST¹⁰ envisage, selon 5 scénarios contrastés, de possibles évolutions des préférences collectives suivantes : écologisme, sécurité, individualisme, exigences de qualité des conditions de vie, d'accès au logement et à la mobilité, confiance dans le fonctionnement marchand des secteurs

¹⁰ cf. Annexe 1, Fiche 9

CROZET Y., MASSOT M.H., ORFEUIL J.P. et le « Groupe de Batz » (2001) *Mobilité urbaine : cinq scénarios pour un débat*, DRAST, Notes du CPVS n°16

des transports et de l'habitat. Le projet EST de l'OCDE considère que la sensibilisation du public, par l'information et l'éducation, peut contribuer à modifier les comportements.

Ces hypothèses générales prennent leurs sources dans les précédents travaux statistiques de référence (INSEE, AIE...) ou auprès d'experts reconnus (interviews, débats et avis contradictoires, recherche de consensus).

Hypothèses sectorielles

Energie

L'évolution des prix de l'énergie fait l'objet d'hypothèses contrastées : certains travaux prévoient une stabilité du cours du pétrole (à un niveau compris entre 17\$ et 25\$ dollars₁₉₉₅ le baril), tandis que d'autres anticipent une croissance constante (+1,5% en moyenne annuelle) ou progressive, durant les 20 à 30 prochaines années. Selon l'hypothèse retenue, l'évolution du coût de la facture énergétique totale peut varier de manière significative. De même, les prévisions en matière de fiscalité énergétique apparaissent disparates, surtout lorsqu'elles s'appliquent aux carburants liquides d'origine fossile (TIPP sur le gazole et sur l'essence, pour les PL et les VP). En revanche, aucune hypothèse concernant l'évolution de la fiscalité sur le gaz naturel et l'électricité domestique n'a été relevée.

Le développement de nouvelles technologies énergétiques fait l'objet de nombreuses spéculations dans les travaux analysés. Les innovations suivantes retiennent particulièrement leur attention : poursuite ou abandon de la production d'électricité nucléaire (réacteurs de 4^{ème} génération) et promotion des ressources énergétiques alternatives (biomasse, déchets, solaire, éolien, géothermie, cogénération, hydrogène...). Un échéancier du taux de pénétration de ces technologies, assorti d'une estimation des productions (en Mtep) et des coûts potentiels est fréquemment proposé.

Au niveau réglementaire, plusieurs travaux supposent qu'un renforcement des obligations actuellement en vigueur interviendra, tant pour instaurer des normes sur les consommations et les émissions, que pour contrôler la qualité des carburants. Notons une particularité du scénario tendanciel développé par le CERN : celui-ci suppose que si les règles actuelles sont maintenues, leur taux de respect sera consécutivement décroissant.

Transports

La formulation d'hypothèses socio-économiques sur l'évolution du secteur des transports occupe une place importante dans les travaux prospectifs analysés. Concernant l'offre, les principales hypothèses portent sur les caractéristiques des réseaux d'infrastructures (autoroutes et LGV ferroviaires notamment). Les scénarios de référence prévoient généralement une poursuite de leur rythme actuel de construction, alors que d'autres prévoient des évolutions différenciées, plus favorables à l'un de ces deux modes (ex. allongement de la longueur des réseaux d'un facteur 2 à 7 en 25 ans). Quelques études envisagent également des améliorations en termes de qualité de service (confort, fréquences, débits...). Du côté de la demande, les assertions sont plus nombreuses. Ainsi, la majorité des travaux analysés prévoit un accroissement des trafics de voyageurs pour chaque mode (corrélé au PIB par l'intermédiaire d'élasticités constantes). D'importantes nuances sont toutefois prises en considération : selon les scénarios, les accroissements de trafic d'un mode peuvent se faire au détriment d'un autre (ex. report modal de la VP vers les TC et les modes doux), ou bien peuvent se répartir de manière inégale sur le territoire national (ex. augmentation des déplacements de longue distance, réduction du volume de déplacements urbains). Leur répartition temporelle est très peu évoquée (congestion dues aux migrations alternantes et aux grands départs...), de même qu'aucune ventilation par motifs ou par catégories de voyageurs n'est présentée. Des hypothèses sur l'évolution du taux d'occupation des véhicules (routiers,

ferroviaires et aériens) sont parfois avancées, mais rarement justifiées. Les coûts correspondant à ces hypothèses sectorielles (ex. investissement et exploitation des infrastructures, coût de fabrication des véhicules, coûts salariaux du transport routier de marchandises, du ferroviaire et de l'aérien) ne sont pas précisément calculés dans les travaux rencontrés. Cela s'explique sans doute par l'horizon éloigné des travaux de prospective, inadéquat à toute prévision relative aux finances, du moins à l'aide de modèles économétriques classiques. L'évolution des prix du transport est néanmoins esquissée, au travers de celle de la tarification et de la fiscalité (ex. mise en place de taxes à l'achat des véhicules, de péages urbains), mais les recettes et les dépenses afférentes ne sont pas chiffrées.

Les progrès technologiques attendus dans le secteur des transports, comme dans celui de l'énergie, suscitent un grand intérêt chez les prospectivistes. Cet engouement se traduit par de nombreuses hypothèses sur l'évolution de la composition des parcs de véhicules routiers (VP, VUL, PL), et notamment de leur répartition par types de motorisation (diesel, essence, électrique, hybride, pile à combustible GPL ou hydrogène...). Les consommations et les émissions unitaires associées sont parfois spécifiées, ce qui permet de déduire les économies d'énergie et de CO₂ potentiellement engendrées sur l'ensemble des parcs. De possibles variations du poids et du volume des véhicules routiers sont envisagées, surtout en milieu urbain. Les améliorations techniques des infrastructures (gestion du trafic routier et des sillons ferroviaires, « routes intelligentes »...) ne sont pratiquement pas abordées.

Sur le plan réglementaire, pratiquement toutes les études émettent l'hypothèse du renforcement des normes environnementales, des contrôles et des sanctions pour influencer les comportements individuels (ex. limitation du stationnement disponible et extension du stationnement payant, réglementations de l'accès aux centres-villes) et stimuler l'amélioration des caractéristiques des produits industriels (ex. limitation de la puissance et de la vitesse des véhicules...). La question du rationnement des déplacements, par instauration de quotas, de permis ou de droits à circuler n'est guère approfondie.

Habitat

Peu de travaux proposent une vision prospective du secteur de l'habitat.

Nous pouvons seulement en retenir quelques constats sur la part actuelle du résidentiel et du tertiaire dans les émissions de CO₂ (respectivement 23 MtC et 12MtC des 106 MtC émises en France en 2000), ainsi que des hypothèses sur la croissance de la surface totale des parcs de logements et de bureaux (respectivement +1% et +2% en moyenne annuelle). Ces éléments sont issus du travail de la MIES sur les scénarios « facteur 4 ».

Selon cette même étude, à l'horizon 2050, l'amélioration technologique des bâtiments devrait d'une part permettre d'importantes économies d'énergies (grâce à l'isolation thermique et à un meilleur rendement des appareils ménagers), d'autre part favoriser la substitution des combustibles fossiles par l'électricité, les énergies renouvelables et la cogénération pour le fonctionnement des équipements de chauffage et de production d'eau chaude.

Les mesures réglementaires accompagnant ces évolutions peuvent être le renforcement des normes de construction et des réglementations thermiques, leur application par le biais des certifications qualité (sur le principe de la HQE), et la multiplication des programmes de réhabilitation.

En l'état, ces éléments demeurent imprécis, mais la poursuite du projet « facteur 4 » devrait permettre, au moins en partie, de combler ces lacunes dans les mois à venir.

Localisations

Très peu d'éléments concernant l'évolution des localisations ont pu être extraits des travaux analysés. Ce défaut tient au fait que les prospectives sont établies à l'échelle nationale, ce qui empêche d'analyser finement l'implantation des logements et des activités, de même que les itinéraires des déplacements.

Des propositions sont faites sur les politiques de maîtrise du foncier et de l'étalement urbain, par la planification et la réglementation de l'aménagement, ou par la fiscalité (ex. taxes locales sur les propriétés, péages urbains), mais la traduction de ces hypothèses en termes d'actions concrètes reste dans l'ensemble peu explicitée. La question de l'accessibilité des territoires est en outre absente des travaux analysés.

3.3.3. Résultats obtenus, principales conclusions

Tout comme les hypothèses émises, les résultats obtenus par les travaux de prospective sont variés, mais concernent avant tout les secteurs de l'énergie, de l'environnement et du transport.

Ils sont généralement présentés de la manière suivante : pour chaque scénario envisagé, des prévisions de trafic, de consommation énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre sont fournies, puis des comparaisons sont établies entre ces scénarios pour en déduire l'influence relative des différentes hypothèses sur ces évolutions.

Ainsi, le travail du CGP (programme « Energie 2010-2020 »¹¹) prévoit, sur la période 1992-2020, les évolutions suivantes :

- un accroissement des trafics VP (en véh.km) compris entre 29% et 56%, selon les jeux d'hypothèses retenus (scénarios S1, S2 ou S3) ;
- une variation de la consommation énergétique correspondante (VP), respectivement comprise entre -2% et +47% ;
- au niveau sectoriel (ensemble des modes de transport), la consommation énergétique progresse de 25% pour le scénario le plus optimiste, à 65% dans le cas le plus défavorable (tandis que l'évolution tendancielle, calculée par le CERNA¹² à partir des mêmes données, est de 67%) ;
- l'augmentation d'émissions de CO₂ générées par les activités de transport est comprise entre 14% et 65%, et leur part dans les émissions totales (tous secteurs d'activités confondus) progresse de 8 points, quel que soit le scénario envisagé.

L'extrapolation tendancielle de ces scénarios à l'horizon 2030, menée par le programme ECODEV-CNRS¹³, fournit des estimations concordantes avec ces évolutions.

Les travaux de l'OCDE (projet EST¹⁴) et du PREDIT (projet TEV¹⁵) aboutissent à des résultats plus contrastés pour la période 1990-2030 :

- selon les régions observées, le trafic prévisionnel (en voy.km) des scénarios EST¹⁶ est jusqu'à 4 fois supérieur à celui du scénario BAU¹⁷ pour les modes doux et pour les TC

¹¹ cf. Annexe 1, Fiche 1

¹² cf. Annexe 1, Fiche 2

¹³ cf. Annexe 1, Fiche 5

¹⁴ cf. Annexe 1, Fiche 3

¹⁵ cf. Annexe 1, Fiche 4

¹⁶ Les scénarios EST sont construits en supposant que certains critères écologiques seront atteints en 2030 (approche back-casting).

¹⁷ Le scénario « BAU » (ou « Business As Usual ») est le scénario tendanciel développé pour le projet EST.

terrestres ; à l'inverse, les trafics VP et aériens diminuent d'un facteur 2 à 12 par rapport à ces mêmes prévisions tendancielle ;

- le scénario BAU prévoit qu'en 2030, les émissions de CO₂ représenteront 125% à 160% de celles de 1990, alors que les scénarios EST remplissent l'objectif d'une division par 5 de ces émissions (soit 20% de celles de 1990).

Les écarts de résultats obtenus à partir de ces scénarios sont donc très différenciés.

L'étude de la DRAST (Groupe de Batz¹⁸) montre qu'en milieu urbain, les évolutions suivantes peuvent être attendues pour la période 2000-2020, selon les scénarios et la taille des agglomérations :

- une variation de -20% à +100% des trafics VP ;
- une progression de 25% à 300% des trafics TC ;
- une réduction de 10% à 40% de la part modale de la VP, au profit des modes doux et des TCU.

Le travail de la MIES sur les scénarios « facteur 4 »¹⁹ prévoit une augmentation tendancielle de 30% des émissions de CO₂, entre 2000 et 2050, exclusivement imputable aux secteurs des transports et de l'agriculture, à comparer à l'objectif d'une réduction de 75% (division par 4).

Le scénario développé par le Conseil Général des Mines²⁰ (CGM) prévoit une division par 3 des émissions de CO₂ entre 2000 et 2030, tandis que la consommation d'énergie serait en légère diminution dans le même temps. Le CGM nous informe par ailleurs d'un biais important pouvant survenir dans la comparaison des différentes études prospectives, car la méthode de calcul des consommations énergétiques nationales a récemment été modifiée (pour être mise en conformité avec les normes statistiques internationales).

Le tableau suivant propose un comparatif, en variation annuelle moyenne, de quelques résultats obtenus pour trois grandeurs physiques :

TVAM	CGP		OCDE/PREDIT		ECODEV	DRAST		MIES		CGM	
Hypothèses	Haute	Basse	Haute	Basse		Haute	Basse	Haute	Basse	Haute	Basse
Trafic VP	1,6%	0,9%	1,5%	-3,9%		3,5%	-1,1%				
Consommation d'énergie liée au transport (tous modes)	1,8%	0,8%			0,7%					1,2%	-0,3%
Emission de CO ₂ liée au transport (tous modes)	1,8%	0,5%	1,2%	-3,9%	0,5%			1,2%	-2,9%		

Ces écarts, en apparence relativement faibles, masquent en réalité des évolutions très contrastées, puisque les prévisions s'appliquent à des périodes de 20, 30 ou 50 ans. On s'aperçoit que les études de type back-casting (OCDE – projet EST, PREDIT – projet TEV, MIES – projet Facteur 4) aboutissent à des résultats plus contrastés que les autres. Notons également que tous les travaux s'accordent à prévoir une baisse des consommations et des émissions unitaires des véhicules (tous modes) : les divergences observées dans les consommations et les émissions totales dépendent essentiellement de l'évolution du volume de trafic et de sa répartition modale.

¹⁸ cf. Annexe 1, Fiche 9

¹⁹ cf. Annexe 1, Fiche 10

²⁰ cf. Annexe 1, Fiche 12

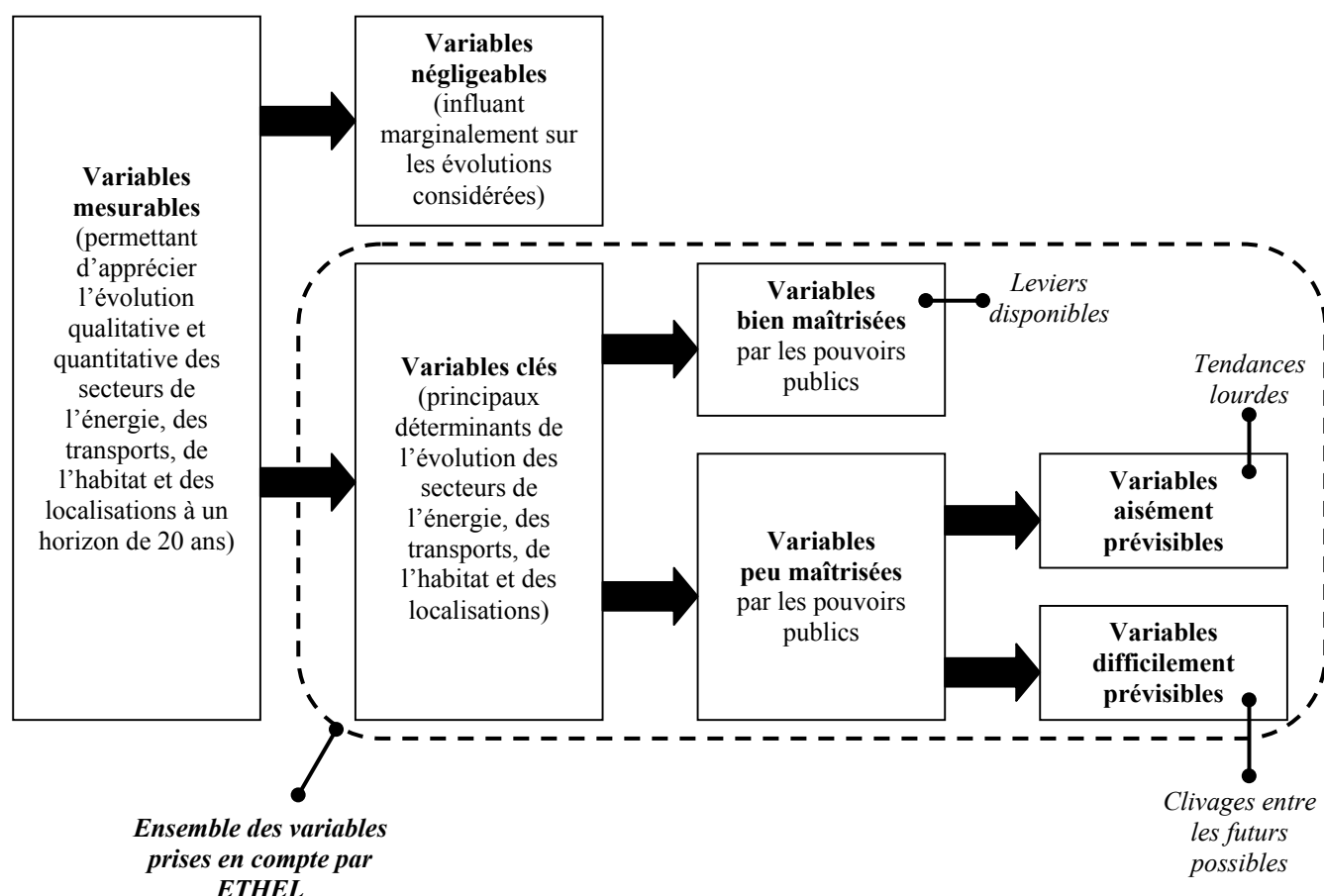
4. HYPOTHESES POUR L'ELABORATION DES SCENARIOS ETHEL

4.1. Démarche prospective du projet ETHel

Comme évoqué en introduction, notre travail s'inscrit dans la démarche prospective de l'activité C du projet ETHel. Rappelons-en brièvement les 4 principales étapes :

- Identifier les **variables clés** de l'évolution des secteurs de l'énergie, des transports, de l'habitat et des localisations ;
- Distinguer ces variables clés selon leur **degré de maîtrise** par les pouvoirs publics ;
- Distinguer les variables mal maîtrisées par les pouvoirs publics selon le **degré d'incertitude** sur leur évolution, puis combiner différentes hypothèses sur l'évolution de ces variables pour construire des scénarios ;
- Confronter ces scénarios aux leviers disponibles (variables bien maîtrisées par les pouvoirs publics).

Les trois premières étapes de ce protocole sont schématisées sur la figure suivante :



Ce traitement permet de bâtir une typologie composée de 3 catégories de variables :

- **leviers disponibles** (variables dont l'évolution est influençable par la puissance publique) ;
- **tendances lourdes** (variables dont l'évolution n'est pas influençable, mais prévisible) ;
- **clivages entre les futurs possibles** (variables dont l'évolution n'est pas influençable, ni prévisible).

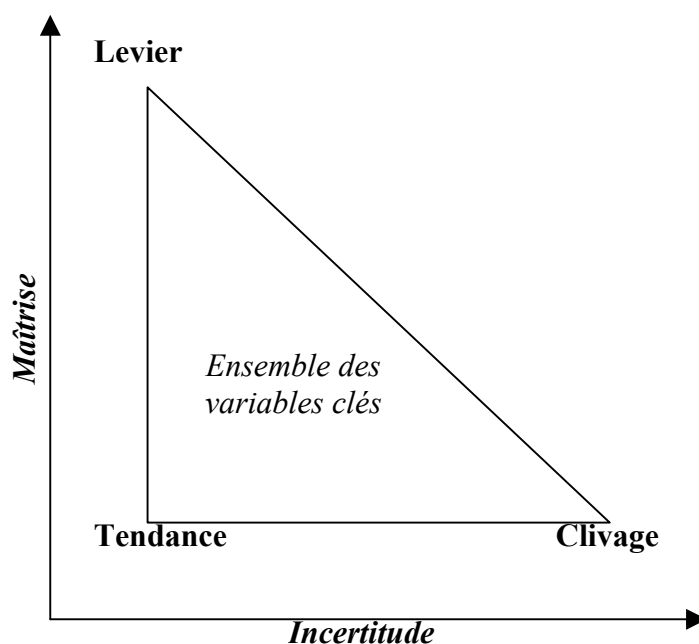
Variable clé	Maîtrise	Incertitude	Nature
X	+		Levier disponible
Y	-	+	Clivage entre les futurs possibles
Z	-	-	Tendance lourde

Il serait toutefois simpliste, voire erroné, de considérer ces catégories typologiques comme cloisonnées et exclusives l'une de l'autre.

En effet, les travaux prospectifs analysés montrent que le statut des variables n'est pas figé : certaines variables peuvent apparaître comme des tendances lourdes dans telle étude ou tel scénario, alors qu'elles sont considérées comme des leviers ou des clivages dans d'autres études ou scénarios (ex. prix du pétrole). Ce statut typologique peut parfois évoluer au sein d'une même étude, à mesure de l'avancement de la réflexion prospective.

La prise en compte de cette « instabilité » est incompatible avec un traitement des variables clés reposant sur des concepts de maîtrise et d'incertitude binaires : elle nécessite une analyse plus subtile, impliquant une typologie affinée. Nous admettrons donc que des gradations infinitésimales existent sur les échelles de la maîtrise et de l'incertitude : les valeurs que peuvent prendre ces deux attributs sont comprises dans un intervalle continu.

La typologie obtenue peut être ainsi schématisée :



Toutes les variables clés peuvent se localiser sur l'aire triangulaire ainsi formée.

De manière pragmatique, ces variables peuvent être qualitativement classées comme suit :

Variable clé	Tendance lourde	Source de clivages	Levier disponible
X	++		+
Y	+	++	
Z			+++

En outre, le traitement des variables clés est conditionné par les fondements systémiques de l'approche adoptée dans chaque exercice prospectif, qui peuvent se résumer ainsi :

- un système énergie-transport-habitat-localisation est implicitement défini, afin de rendre possible un raisonnement systémique, c'est-à-dire l'identification de relations causales entre les éléments du système ;
- les variables clés sont par défaut considérées comme exogènes à ce système, c'est-à-dire comme indépendantes et extérieures au « périmètre » du système ainsi délimité ;
- cependant certaines de ces variables (tendances lourdes et clivages) peuvent être rendues endogènes au cours de la démarche, entrant de ce fait en interaction au sein du système (évolutions induites, déduites, rétroactions...) ;
- les leviers, qui restent par définition exogènes, sont considérés comme les moyens disponibles pour agir sur le système, en influant sur l'évolution des variables endogènes ; cette influence peut s'exercer avec plus ou moins d'efficacité, d'acceptabilité et d'inertie.

Plusieurs exemples permettent d'illustrer ce processus « d'endogénéisation », inhérent à la démarche prospective : certaines tendances lourdes, initialement considérées comme immuables, peuvent être infléchies par les leviers d'action dont disposent les pouvoirs publics (ex. l'amélioration du rendement énergétique des véhicules peut se faire à un rythme plus ou moins soutenu selon qu'elle est ou non encouragée par des investissements publics, des mesures réglementaires ou des incitations fiscales). Il en va de même pour certaines variables de clivage (ex. l'évolution de la répartition modale des trafics est en partie soumise à l'influence des progrès technologiques, des politiques d'équipement et des instruments tarifaires). Pour autant, toutes les tendances lourdes et les variables de clivage ne peuvent pas être rendues endogènes (ex. l'évolution démographique demeure exogène au système énergie-transport-habitat-localisation, quelle que soit la démarche prospective adoptée).

L'action des leviers sur les variables endogènes peut nécessiter des efforts plus ou moins importants, pour un résultat plus ou moins perceptible (on peut parler, en référence à la terminologie mécanique, de l'existence d'un « bras de levier »). Ces leviers n'ont donc pas tous la même efficacité au regard des évolutions projetées. De plus, toute action initiée par la puissance publique pose un problème d'acceptabilité : un levier globalement efficace pourra être rejeté si ses effets sont néfastes pour certains groupes d'acteurs (ex. la construction des réseaux d'infrastructure dépend de la puissance publique, mais ses marges de manœuvre sont réduites face aux pressions émanant des industries automobiles et pétrolières, des syndicats ou encore des citoyens et des élus locaux). Les variables endogènes sur lesquelles agissent les leviers sont en outre dotées d'une capacité d'évolution plus ou moins rapide : par exemple, la composition des parcs de véhicules et de logements est influençable, mais possède une certaine inertie dans le temps, liée aux taux de renouvellement des parcs.

Malgré cet affinement typologique, plusieurs problèmes subsistent : comment caractériser l'inertie des variables dans le temps ? Comment caractériser la répartition spatiale des valeurs prises par une variable ? Comment apprécier l'efficacité relative des leviers ? Comment mettre en évidence l'existence et la nature des relations causales entre variables endogènes ? Les activités B et C devraient permettre de répondre à ces questions, préalablement à l'adoption définitive des hypothèses ETHEL.

4.2. Variables issues de l'analyse des travaux prospectifs

Sans attendre ces développements méthodologiques complémentaires, nous avons procédé à l'analyse des variables contenues dans les travaux prospectifs analysés, à l'aide de la typologie précédemment décrite.

Pour chaque document analysé, les questions suivantes ont guidé notre démarche :

- l'étude fait-elle apparaître des variables clés, déterminantes pour l'avenir de la mobilité, du logement, des localisations et des ressources environnementales associées ?
- Quels degrés de maîtrise et d'incertitude l'étude attribue-t-elle à ces variables clés ?
- Sont-elles assimilées à des tendances lourdes, à des leviers disponibles ou à des variables pouvant cliver les futurs possibles ?

Les réponses détaillées à ces questions, dont nous présentons ici une synthèse, figurent dans les fiches de lecture renvoyées en annexe.

Tendances lourdes

Sans grande surprise, tous les travaux analysés considèrent les croissances démographiques et économiques comme des tendances lourdes. Toutefois, des hypothèses contrastées de croissance économique (faible ou soutenue), comme celles esquissées par le CGP²¹, montrent qu'une légère variation de sa valeur annuelle peut produire d'importants écarts entre les futurs possibles. En effet, il est largement admis que cette variable détermine, par le biais d'élasticités, les croissances sectorielles des demandes d'énergie, de transports et de logements.

Des tendances lourdes apparaissent au niveau sectoriel, mais semblent moins faire l'unanimité parmi les travaux prospectifs : ainsi, le prix du pétrole est parfois considéré comme prévisible (CGP « Energie 2010-2020 »), mais son évolution est le plus souvent comprise dans un intervalle traduisant de possibles clivages (programme ECODEV, CGP « Perspectives de la demande de transport en 2015 »). De même pour le taux de motorisation des ménages, ainsi que le taux d'occupation des véhicules : leur accroissement est considéré comme une évolution de fond par le programme ECODEV, alors que les travaux de l'OCDE et du PREDIT estiment que cette tendance est susceptible de s'amplifier, de se réduire, voire de s'inverser (clivage entre les futurs possibles).

Enfin, curieusement, les travaux de la MIES et du CGM considèrent que l'accroissement des trafics et des surfaces chauffées (consommations de transport et de logement) fait partie des tendances lourdes, alors que pour la plupart des autres études, il s'agit précisément d'une importante cause de clivage entre les futurs possibles.

²¹ cf. Annexe 1, Fiche 1 et Fiche 8

BOISSON P. (1998) *Energie 2010-2020, les chemins d'une croissance sobre*, CGP, La documentation française
BONNAFOUS A. (dir.), BAUMSTARK L., LAPEYRE J. (1998) *Les perspectives de la demande de transport en 2015*, CGP

Clivages entre les futurs possibles

Cette catégorie regroupe un grand nombre de variables recensées dans les travaux prospectifs.

La quasi totalité des études considère que la croissance des trafics de voyageurs et la variation des parts modales constituent d'importantes sources de clivages entre les futurs possibles. Plus précisément, les scénarios développés dans ces études s'accordent sur un accroissement inéluctable du volume de trafic (directement lié aux hypothèses de croissance économique), mais divergent sur l'ampleur de cette croissance et sur sa répartition entre les modes.

L'amélioration de la qualité technique des systèmes de transports (infrastructures et véhicules) et des bâtiments (logements, bureaux, locaux industriels et commerciaux...) est souvent perçue comme une source de clivages potentiels. Ainsi, selon l'évolution de la composition des parcs de véhicules (rendement énergétique, émissions unitaires, poids, taille, puissance, vitesse...) et de logements (appareils de chauffage, isolation...), différents futurs peuvent être envisagés. Pour plusieurs études (CGP, DRAST, MIES), ces progrès dépendent en partie de la manière dont la recherche et le développement technologiques sont encouragés.

Une troisième catégorie de variables reconnues comme génératrices de clivages concerne la localisation des ménages et des activités, ainsi que la répartition spatiale des déplacements qui en résulte : selon les scénarios proposés, l'étalement urbain pourrait se poursuivre ou au contraire être maîtrisé ; ces éventualités remettraient en cause l'organisation géographique, économique et politique des agglomérations (répartition spatiale de la population, du bâti, des infrastructures, mixité des aménités et des fonctions urbaines, mode de gestion des compétences politiques locales...). Les travaux prospectifs analysés ne s'attardent pas davantage sur ces questions.

Seul le travail de la DRAST²² illustre de manière explicite les évolutions possibles des valeurs et des références culturelles, alors que cet aspect est sous-jacent à l'ensemble des travaux de prospective.

Leviers disponibles

A l'évidence, tous les travaux prospectifs conviennent du fait que l'adoption de mesures réglementaires (ex. normes d'émissions, droits à polluer, limitations de vitesse, gestion du stationnement...) et fiscales (ex. taxes sur les véhicules et les carburants, péages de zone, subventions aux transports moins énergivores...) constitue le principal levier de l'action publique. Les modalités d'application de ces mesures peuvent néanmoins prendre des formes différentes (ex. contraintes réglementaires et pression fiscale plus ou moins fortes et ciblées, affectation des recettes fiscales...).

Le choix des investissements publics, pour orienter le développement des infrastructures, est également considéré comme tel. L'attribution de crédits budgétaires peut en effet favoriser le développement de tel mode de transport, ou de tel type d'habitat (collectif, pavillonnaire...), au détriment de tel autre. Notons ici le rôle important joué par le taux d'actualisation, comme le souligne le CGP. Il n'est en revanche pas fait mention de la généralisation amorcée des partenariats contractuels entre acteurs publics et privés, alors que cet élément pourrait modifier sensiblement les conditions d'investissement et d'exploitation des systèmes de transports, de même que la réalisation des opérations d'aménagement.

Un nombre restreint d'études, dont celle de l'OCDE, insiste sur la sensibilisation de l'opinion aux conséquences économiques, sociales et environnementales des modes de vie (comportements de mobilité, habitudes domestiques de consommation d'énergie...), par

²² cf. Annexe 1, Fiche 9

l'information et l'éducation publiques. Les effets éventuels de ce levier restent cependant très difficiles à évaluer.

Pour résumer, on observe que les variables socio-économiques générales sont souvent considérées comme des tendances lourdes (ex. croissance économique, évolution démographique). A l'échelon sectoriel, la typologie des hypothèses retenues est plus nuancée : la plupart des variables socio-économiques sont capables de cliver les futurs possibles (ex. prix du pétrole), mais certaines apparaissent parfois comme des tendances lourdes (ex. accroissement du volume de déplacements), ou comme des leviers disponibles (ex. rythme de construction des infrastructures). Les variables technologiques sectorielles font également apparaître majoritairement des clivages (ex. développement plus ou moins rapide de l'usage des ressources énergétiques alternatives). Quant aux variables réglementaires, elles sont par définition assimilables à des leviers disponibles (ex. normes d'émission et d'isolation, limitations de vitesse, urbanisme réglementaire...).

4.3. Présélection d'hypothèses pour l'élaboration des scénarios ETHEL

Sur la base de cette analyse typologique, quelques recommandations peuvent être formulées quant aux hypothèses qui pourront être retenues pour la suite du projet ETHEL.

L'analyse comparative des travaux sélectionnés permet tout d'abord de constater la récurrence de certaines hypothèses (non seulement macro-économiques et démographiques, mais aussi sectorielles). Bien que cela ne constitue pas en soi une preuve de pertinence, il est indispensable de comprendre et de discuter les raisons pour lesquelles ces hypothèses font l'unanimité au sein des prospectivistes.

Cette comparaison révèle ensuite qu'une même hypothèse peut être perçue différemment selon le contexte dans lequel est mené le travail de prospective. Pour illustrer cette subjectivité, on peut dire (en caricaturant) que :

- le fatalisme conduit à identifier davantage de tendances lourdes ;
- le volontarisme amène à identifier davantage de leviers disponibles ;
- l'attentisme conduit à identifier davantage de clivages entre les futurs possibles.

Etant donné qu'aucun exercice de prospective ne saurait s'affranchir totalement de ces travers subjectifs, voire idéologiques, les hypothèses ETHEL doivent pouvoir explicitement se revendiquer de l'un d'entre eux.

Hypothèses susceptibles d'être considérées comme tendances lourdes

L'échelle spatiale et l'horizon temporel du projet ETHEL permettent de bâtir des hypothèses relativement robustes sur l'évolution de la démographie française²³. Les principales hypothèses à retenir sont résumées dans l'encadré suivant (davantage de précisions sont apportées dans une note de travail complémentaire au présent rapport).

²³ Voir la note de travail complémentaire de Pascal POCHET

Selon les projections de l'INSEE, que nous proposons de reprendre ici, plusieurs évolutions majeures risquent d'affecter les comportements d'habitation, de déplacement et de localisation :

- l'augmentation modérée de la population totale (le scénario central de l'INSEE prévoit un accroissement annuel moyen de 0,32%, aboutissant à une population de 62,7 millions d'habitants en 2020) ;
- les changements de structure par classes d'âge, intégrant notamment la hausse des effectifs des personnes de plus de 60 ans, la baisse des effectifs des 0-19 ans et la stagnation des effectifs des 20-59 ans (cf. tableau ci-dessous) ;
- la diminution de la taille des ménages, qui tend *a priori* à favoriser l'accroissement des surfaces chauffées par individu, de même que l'accès individuel à la VP ;
- la relative stabilité, voire la légère croissance de la population active (une certaine prudence s'impose néanmoins en raison des incertitudes sur l'évolution de la durée de cotisation, du temps de travail et du taux de chômage) ;

Ces évolutions vont, entre autres, concourir à accroître le nombre de conducteurs VP potentiels d'environ 10% en 20 ans. Toutefois, l'allongement attendu de l'espérance de vie devrait entraîner un accroissement des effectifs de personnes très âgées, dont la mobilité individuelle tend à se réduire.

Si ces évolutions peuvent être prévues avec une relative certitude, leurs conséquences économiques, sociales et environnementales suscitent de nombreuses interrogations.

Classes d'âge	Répartition en 2000	Effectifs en 2000	Répartition en 2020	Effectifs en 2020	Evolution des effectifs
0-19 ans	25,6%	15 038	22,5%	14 084	-6.3%
20-59 ans	53,8%	31 604	50,2%	31 423	-0.6%
60 ans et plus	20,6%	12 101	27,3%	17 088	+41.2%
<i>Tous</i>	<i>100,0%</i>	<i>58 744</i>	<i>100,0%</i>	<i>62 595</i>	<i>+ 6.6%</i>

Source : calculs effectués à partir de Brutel, Omalek (2002)

Les hypothèses concernant la croissance économique (mesurée par le PIB national) doivent faire l'objet de précautions particulières. En effet, l'influence surdéterminante de ce facteur incite à fixer dans un premier temps une hypothèse centrale (tendance lourde), qui pourrait être comprise entre +2 et +2,5%/an, quitte à envisager par la suite des fluctuations plus contrastées (clivages). Cette posture ambivalente, délibérément attentiste, devrait permettre de conserver un minimum de lisibilité sur les évolutions générales et sectorielles à attendre, en se gardant de tout optimisme ou pessimisme exagéré, pour éviter de reproduire des erreurs souvent commises par le passé.

La répartition de la croissance économique par secteur d'activité, ainsi que sa distribution spatiale (urbain/rural, disparités régionales) pourraient également faire l'objet d'hypothèses.

On peut par ailleurs recommander que des hypothèses soient émises sur l'évolution du revenu disponible et de la consommation finale des ménages (volume et répartition par poste budgétaire affecté, notamment transport et logement).

Le mode opératoire en deux temps appliqué au PIB pourrait être reproduit au niveau du secteur énergétique : compte tenu du rôle directeur joué par le pétrole sur les prix de l'énergie, de la forte probabilité de la croissance de sa consommation et des incertitudes qui pèsent sur l'évolution de sa production, nous convenons de la nécessité de proposer une hypothèse centrale initiale (ex. croissance modérée du prix), qui pourra varier par la suite (ex. croissance amplifiée, ralentie, choc pétrolier...).

Hypothèses sur l'évolution des variables considérées comme sources de clivages

De nombreuses variables socio-économiques sectorielles peuvent être considérées comme sources de clivages.

Dans le secteur des transports, plusieurs aspects majeurs de l'évolution de la demande de déplacements combinent faible maîtrise et forte incertitude : ainsi, des futurs très différents peuvent être envisagés selon l'ampleur de la croissance des trafics, en termes de nombre de déplacements, de distances parcourues et de durée allouée aux déplacements. Toutefois, ces variables seront rendues endogènes dans le modèle développé pour ETHEL.

De même pour les variables décrivant l'évolution de l'offre et de la demande de logements : selon le taux de croissance des surfaces chauffées (qui dépend des surfaces habitables disponibles et de la vacance), ainsi que sa répartition entre les parcs individuel et collectif, les futurs attendus peuvent s'avérer sensiblement différents. Le prix des logements (valeurs vénales et locatives) entre également dans la catégorie des variables de clivage, à moins qu'il ne puisse être rendu endogène (i.e. déduit de l'évolution de l'offre et de la demande). L'évolution de l'équipement des logements en électroménager, notamment en moyens de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, peut aussi produire des scénarios contrastés : il est par exemple possible d'imaginer une poursuite de la croissance du taux d'équipement, plus ou moins atténuée par d'éventuels effets de saturation.

Les variables traduisant l'apport des progrès technologiques dans les secteurs de l'énergie (développement du nucléaire, des renouvelables, de la cogénération...), des transports (motorisations, taille et poids des véhicules, outils de gestion « intelligente » des trafics...) et de l'habitat (isolation thermique, rendement énergétique des équipements électroménagers...) peuvent transformer radicalement les caractéristiques du système énergie-transport-habitat-localisations, et modifier fortement ses consommations de ressources environnementales (consommations et émissions unitaires du transport et de l'habitat, économies d'énergie potentiellement réalisables).

L'évolution des valeurs culturelles est par nature imprévisible : les préférences individuelles et collectives (écologie, sécurité, vitesse, confort...) et les variables qui les décrivent conventionnellement (valeurs du temps, de la vie humaine, de la tonne de carbone...) sont soumises à des aléas souvent difficiles à anticiper. De plus, le lien entre ces valeurs abstraites et les comportements réellement constatés reste très mal établi. Ces variables peuvent faire l'objet d'hypothèses très hétéroclites, sous réserve de conserver entre elles une cohérence explicite.

L'évolution de la localisation des ménages et des activités demeure mal maîtrisée et incertaine : si la poursuite de l'étalement urbain (et de l'allongement des distances parcourues) que connaissent actuellement la plupart des agglomérations françaises peut paraître inéluctable à certains, on peut aussi bien soutenir la thèse contraire d'une densification des villes (sous l'effet du vieillissement de la population, par exemple). Dans un

cas comme dans l'autre, le phénomène devrait s'accompagner d'une réorganisation des activités de production, de distribution²⁴, de consommation, d'enseignement et de loisirs. Dans le cadre du projet ETHEL, cette variable devrait d'abord être considérée comme un clivage, pour être éventuellement rendue endogène, s'il est possible d'y parvenir de manière satisfaisante.

Hypothèses sur les leviers disponibles pour l'action publique

Les principaux leviers d'action identifiés précédemment (réglementation, fiscalité/tarification, investissements publics et sensibilisation de l'opinion, cf. 4.2.) sont généralement peu remis en cause, mais leur usage potentiel par les pouvoirs publics peut au contraire prêter à débat.

Sur le plan de la réglementation technique, la manière dont sont définis et appliqués les systèmes de standardisation (normalisation-certification-contrôle-sanction) des bâtiments d'une part, et des systèmes de transport d'autre part, peut sans doute accélérer ou freiner les bénéfices obtenus par les progrès technologiques en matière de consommation de ressources environnementales (normes de consommation et d'émissions, limitations de vitesse...). La maîtrise de l'usage du sol, dont les enjeux se situent surtout en milieu urbain, dépend en partie des réglementations foncières adoptées aux niveaux local (PLU, SCOT) et national (lois, code de l'urbanisme) : le zonage des terrains peut ainsi permettre d'optimiser la gestion du bâti, des populations et des activités (densités, types de constructions immobilières autorisées) de plusieurs façon, en assurant une certaine mixité ou à l'inverse en regroupant les fonctions urbaines. Des usages très hétéroclites, voire strictement opposés, peuvent donc être envisagés pour ces leviers réglementaires, auxquels correspondent probablement des niveaux d'efficience, d'acceptabilité et d'inertie très échelonnés.

La fiscalité et la tarification sont d'ordinaire considérées par les décideurs comme des leviers d'action puissants (i.e. efficient) et souples (leurs modalités d'application sont très variées), mais dont l'acceptabilité peut être contestée par les populations administrées (contribuables et clients-usagers). Concernant les systèmes de transport individuels, on peut sommairement distinguer la fiscalité des véhicules (taxes à l'achat, au fonctionnement et sur les carburants) de la tarification des infrastructures (péages et stationnement). Cette distinction est moins nette, mais peut néanmoins être reconstituée, lorsqu'il s'agit de transports collectifs. Ces leviers fiscaux et tarifaires permettent d'ajuster les arbitrages entre modes de transport, en favorisant l'usage des uns au détriment des autres dans la limite des pressions manifestées par les groupes d'acteurs concernés. Des leviers d'action similaires peuvent être envisagés pour orienter l'évolution du secteur de l'habitat, notamment par le biais de la fiscalité sur les logements (à l'achat et au fonctionnement, taxes foncières et d'habitation notamment), ainsi que sur l'énergie domestique (taxes sur l'électricité, le fuel, les déchets, les équipements de chauffage et de climatisation...). L'évolution de ces leviers peut faire l'objet d'un large panel d'hypothèses, en veillant à leur cohérence mutuelle ainsi qu'à leur vraisemblance au regard du critère de l'acceptabilité.

Une troisième catégorie de leviers concerne les investissements que peut réaliser la puissance publique. Le choix de ces investissements est généralement opéré sur la base de critères économiques (essentiellement sur la mesure *a priori* des coûts et des avantages attendus d'un projet, d'après les valeurs tutélaires et le taux d'actualisation en vigueur) qui peuvent évoluer au cours du temps (par l'internalisation de coûts externes par exemple). Ce choix peut aussi avoir des justifications politiques si des intérêts stratégiques ou électoraux se manifestent en contradiction des analyses de rentabilité économique. Ces leviers concernent surtout le secteur des transports, car il peut influencer sur les modes de déplacement privilégiés par la puissance

²⁴ Voir la note de travail complémentaire de Jean-Louis ROUTHIER

publique (évolution quantitative et qualitative de l'offre de chaque mode), tandis que son influence sur le secteur du logement, dont les investissements reposent davantage sur des capitaux privés, reste limitée.

Enfin, la sensibilisation des citoyens par l'information et l'éducation publiques est un levier disponible, mais dont les conséquences sur les comportements de localisation et les pratiques de consommation doivent être appréciées avec prudence, puisque le lien entre accès à l'information, valeurs culturelles et comportements observés n'est pas clairement établi.

5. CONCLUSION

L'état de l'art des travaux de prospective appliquée aux secteurs de l'énergie, du transport et de l'habitat a permis de dégager plusieurs pistes pour l'adoption d'hypothèses propres au projet ETHEL.

Ce tour d'horizon a notamment mis en évidence les avantages et les inconvénients des diverses méthodes actuellement ou récemment employées pour construire des scénarios prospectifs d'évolution de ces secteurs. L'analyse menée révèle en particulier la nature hétérogène de ces méthodes, ainsi que des hypothèses et des résultats qui leur sont associés, même si des similitudes ont parfois été identifiées parmi les travaux étudiés.

Un cadre théorique permettant la formulation d'hypothèses prospectives a par ailleurs été formalisé, en s'inspirant d'une démarche développée par Jacques Arcade (Proactivité Conseil). Cette méthode est fondée sur l'identification de « variables clés », auxquelles sont attribués des degrés de « maîtrise » et « d'incertitude ». Elle permet de distinguer, parmi les évolutions envisageables pour chaque variable clé, celles qui peuvent être assimilées à des « tendances lourdes », à des sources de « clivages » entre les futurs possibles, ou à des « leviers » disponibles pour l'action publique.

A l'aide de cette méthode et de l'analyse critique de récents travaux, des hypothèses sur l'évolution des principaux déterminants démographiques, socio-économiques, technologiques et réglementaires de l'avenir énergétique des transports et de l'habitat ont été esquissées. Des hypothèses socioculturelles (systèmes de valeurs, comportements, modes de vie, rythmes urbains...) restent néanmoins à approfondir.

D'autres éléments demeurent également à préciser. En effet, les étapes suivantes du projet ETHEL consistent, entre autres, à élaborer un modèle de représentation du système énergie-transport-habitat-localisation pour simuler différents scénarios prospectifs de son évolution. Or la conception de ce modèle implique de délimiter le « périmètre » du système représenté : une distinction entre variables « endogènes » (décrivant l'état intrinsèque du système) et « exogènes » (décrivant l'influence de facteurs externes sur le système) est pour cela nécessaire. Le développement du modèle devrait permettre de clarifier cette distinction et d'affecter à chaque variable un statut approprié, notamment pour ce qui concerne les « variables clés » constitutives des scénarios prospectifs à simuler.

ANNEXE 1 : Fiches de lectures

Fiche 1	CGP – Energie 2010-2020 – Les chemins d'une croissance sobre	28
Fiche 2	CERNA ENERDATA – Un scénario énergétique tendanciel pour la France à l'horizon 2020	31
Fiche 3	OECD – Environmentally sustainable transport – Futures, strategies and best practice	33
Fiche 4	ENERDATA – Transport, énergie et contraintes environnementales en France à l'horizon 2030 : apports de l'approche « back-casting » à la formulation des stratégies technologiques et organisationnelles	36
Fiche 5	ECODEV – Le secteur des transports à l'horizon 2030 selon le scénario "Etat protecteur de l'environnement du Commissariat Général du Plan	40
Fiche 6	IFP – Quelles énergies pour les transports au XXI^{ème} siècle ?	42
Fiche 7	SES – Projection tendancielle de la consommation d'énergie des logements	44
Fiche 8	CGP – Les perspectives de la demande de transport à l'horizon 2015	46
Fiche 9	DRAST – Mobilité urbaine : cinq scénarios pour un débat	48
Fiche 10	MIES – La division par 4 des émissions de gaz carbonique en France	50
Fiche 11	EEA – The Shair scénario – Toward air and climate change outlooks, integrated assessment methodologies and tools applied to air pollution and greenhouse gases	53
Fiche 12	CGM – Energie et changement climatique : diviser par trois en trente ans nos émissions de gaz carbonique	55
Fiche 13	CGP – Effet de serre : modélisation économique et décision publique	57
Fiche 14	DG TREN – EUROPEAN ENERGY AND TRANSPORT TRENDS TO 2030	59

Fiche 1

<u>Titre de l'étude :</u> ENERGIE 2010-2020 – LES CHEMINS D'UNE CROISSANCE SOBRE
<u>Auteur(s) :</u> Commissariat Général du Plan (groupe présidé par P. Boisson)
<u>Date de publication :</u> 1998
<u>Mode de publication :</u> rapport final (disponible auprès de La Documentation Française)
<u>Origine de l'étude :</u> programme de recherche institutionnel piloté par le CGP
<u>Secteur(s) concerné(s) :</u> énergie, transport, habitat
<u>Echelle spatiale :</u> nationale
<u>Horizon temporel :</u> 2010 et 2020
<u>Méthode employée :</u> élaboration et confrontation de scénarios, utilisation du modèle MEDEE-ME d'Enerdata
<u>Hypothèses retenues :</u> 3 scénarios sont proposés : S1 (société de marché), S2 (Etat industriel) et S3 (Etat protecteur de l'environnement) Hypothèses communes aux 3 scénarios : <ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement progressif de la croissance démographique annuelle (de 0,5% en 2000 à 0,18% en 2020) - Croissance, puis stabilisation à partir de 2005, des prix de l'énergie (pétrole, gaz, charbon, nucléaire) - Croissance économique annuelle moyenne estimée à 2,3% Hypothèses fondatrices du Scénario S1 : <ul style="list-style-type: none"> - Relèvement à 12% du taux d'actualisation servant de critère pour le choix des investissements publics - Baisse de la TIPP sur l'essence pour atteindre le taux applicable au gazole (nivellement par le bas) Hypothèses fondatrices du Scénario S2 : <ul style="list-style-type: none"> - Soutien aux industries lourdes implantées sur le territoire national - Promotion de la recherche et du développement technologique - Maintien à 8% du taux d'actualisation servant de critère pour le choix des investissements publics - Maintien de la fiscalité sur l'essence et le gazole PL - Relèvement de la fiscalité sur le gazole VP (+31% entre 1995 et 2020) Hypothèses fondatrices du Scénario S3 : <ul style="list-style-type: none"> - Accroissement de l'importance accordée par les pouvoirs publics aux problèmes environnementaux - Maintien à 8% du taux d'actualisation servant de critère pour le choix des investissements publics - Augmentation de la fiscalité et alignement du gazole sur l'essence (nivellement par le haut) - Mise en place d'une réglementation (normes, contrôles, sanctions) pour contraindre les comportements individuels à un meilleur respect de l'environnement.
<u>Principales conclusions :</u> Résultats des projections du scénario S1 : <ul style="list-style-type: none"> - Forte croissance du réseau autoroutier (doublement du linéaire entre 1995 et 2020 pour atteindre 14000 km) - Forte croissance du réseau de LGV (triplément du linéaire entre 1992 et 2020, pour atteindre 2000 km) - Diésélisation importante du parc de VP (45% du parc à l'horizon 2020) - Faible amélioration de l'efficacité énergétique unitaire des VP (0,1%/an, soit +2,5% entre 1995 et 2020) - Réduction du coût moyen du transport routier de marchandises (-5,5% entre 1995 et 2020) Résultats des projections du scénario S2 : <ul style="list-style-type: none"> - Forte croissance du réseau autoroutier (doublement du linéaire entre 1995 et 2020 pour atteindre 14000 km) - Forte croissance du réseau de LGV (700 à 3200 km de linéaire entre 1992 et 2020) - Hausse du coût moyen du transport routier de marchandises (+3,4% entre 1992 et 2020) - Amélioration modérée de l'efficacité énergétique unitaire des VP (0,5%/an, soit 13,3% entre 1995 et 2020) Résultats des projections du scénario S3 : <ul style="list-style-type: none"> - Croissance significative du réseau autoroutier (quasi-doublement du linéaire entre 1995 et 2020 pour atteindre 12000 km) - Très forte croissance du réseau de LGV (700 à 4500 km de linéaire entre 1992 et 2020)

- Fort accroissement du coût moyen du transport routier de marchandises (+24,8% sur la même période) - Diésélisation modérée du parc de VP (20% à l'horizon 2020)									
<i>Secteur Transport</i>	Mode	Unité	1992	S1		S2		S3	
Traffics	VP	Gvéh.km	335	521	+56%	508	+52%	431	+29%
	VUL	Gvéh.km	72	160	+122%	156	+117%	140	+94%
	PL	Gt.km	186	380	+104%	360	+94%	335	+80%
Consommation énergétique	VP	Mtep	22,4	32,9	+47%	29,6	+32%	21,9	-2%
	VUL	Mtep	6,2	15,1	+144%	12,8	+106%	9,5	+53%
	PL	Mtep	8,2	14,0	+71%	12,8	+56%	11,0	+34%
	Air	Mtep	4,4	8,6	+95%	8,3	+89%	8,4	+91%
	Fer	Mtep	2,3	2,8	+22%	3,1	+35%	3,8	+65%
	Transp	Mtep	47,5	78,6	+65%	71,6	+51%	59,3	+25%
Emissions de CO2	Transp	MtC	38	62,6	+65%	54,9	+45%	43,3	+14%
	Transp / Total	%	38	46	+8 pts	47,3	+9 pts	46,1	+8 pts
<i>Secteur Habitat</i>	Répartition	Unité	1992	S1		S2		S3	
Parc de résidences principales	Log. Coll.	Millions	9,5	11,2	+18%	11,2	+18%	11,2	+18%
	Maison Indiv.	Millions	12,6	15,9	+25%	15,9	+25%	15,9	+25%
	Total	Millions	22,1	27,1	+23%	27,1	+23%	27,1	+23%
Consommation énergétique par usage	Chauffage	Mtep	39,9	47,6	+19%	43,2	+8%	38	-5%
	Eau chaude	Mtep	6,1	6,5	+7%	6,5	+7%	6,5	+7%
	Cuisson	Mtep	3,3	3,8	+15%	3,8	+15%	3,8	+15%
	Elec. Spécif.	Mtep	9,4	19,8	+111%	16,8	+79%	13,9	+48%
	Total	Mtep	58,7	77,6	+32%	70,3	+20%	62,2	+6%
Emissions de CO2 (°)	Résidentiel	MtC	30 (*)	27,8	-7,3%	22,5	-25%	19,4	-35,3%
	Rés. / Total	%	29 (*)	18,5	-10,5 pts	17,1	-11,9 pts	18,3	-10,7 pts
(°) Emissions estimées après imputation des émissions de la branche énergie (consommation d'électricité et de produits raffinés). (*) Ensemble du secteur (Résidentiel+tertiaire), Remarques : Aucun scénario de référence (ou « fil de l'eau ») n'est défini. Par conséquent, les scénarios S1, S2 et S3 ne peuvent qu'être comparés entre eux, et seule leur efficacité relative est mesurée. Les 3 scénarios s'accordent sur le fait qu'en 2020, le secteur des transports émettra plus de 46% du CO2 produit par l'ensemble des activités économiques du pays (industrie, résidentiel, tertiaire, agriculture et transports), contre 38% en 1992, soit une augmentation de 8 points. Les variables qui semblent être considérées comme déterminantes sont : la démographie, la croissance économique, le prix et la fiscalité des carburants. Les auteurs relativisent, à l'aide arguments explicitement détaillés, l'effet potentiellement bénéfique des progrès technologiques attendus pour les véhicules routiers. Pour le secteur résidentiel, le rapport aborde l'action réglementaire (RT) appliquée au logement neuf ainsi que les différentes mesures visant les logements anciens (notamment dans le scénario S3). Les différents scénarios se distinguent par les évolutions attribuées aux variables considérées comme cruciales pour les consommations d'énergie : - la construction neuve (en niveau et en répartition collectif/individuel) ; - les équipements en chauffage central ; - la taille et l'équipement du logement (ECS, électroménager) ; - les performances thermiques des immeubles neufs et existants (le bâti). Les parts de marché des différentes énergies évolueraient de façon identique pour les trois scénarios (augmentation plus rapide du gaz dans le neuf, aux dépens de l'électricité). Pour le scénario S1 : - ralentissement du rythme de la construction neuve, mais part croissante des maisons individuelles ; - relâchement des normes de construction en vigueur (application de la RT) et accroissement du confort thermique recherché en individuel, mais gains escomptés dans le collectif ;									

- gain de 20% sur 25 ans pour les équipements électroménagers.

Pour le scénario S2 :

- maintien du rythme de la construction neuve à 300.000 log/an, parts égales en collectif et en maisons individuelles ;
- amélioration des performances énergétiques moyennes (neuf et ancien) et gain de 10% ;
- accroissement du confort thermique moyen (+5% des consommations de chauffage);
- gain de 33% sur 25 ans pour les équipements électroménagers.

En conclusion, les auteurs admettent que l'hypothèse de croissance annuelle du PIB, déterminante pour les résultats de l'étude, est fragile.

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Croissance économique	-	-	Tendance lourde
Croissance démographique	-	-	Tendance lourde
Prix de l'énergie	-	-	Tendance lourde
Fiscalité sur les carburants	+		Levier disponible
Rendement énergétique unitaire des VP	-	+	Clivage entre les futurs
Longueur du réseau autoroutier	+		Levier disponible
Longueur de lignes LGV	+		Levier disponible
Coût du Transport routier de marchandises (TRM)	-	+	Clivage entre les futurs
Composition du parc de véhicules routiers	-	+	Clivage entre les futurs
Trafics routiers de voyageurs et de marchandises	-	+	Clivage entre les futurs
Taux d'actualisation pour les investissements publics	+		Levier disponible
Réglementations, normes, contrôles, sanctions	+		Levier disponible
Rendement énergétique des équipements électriques	-	+	Clivage entre les futurs
Taux construction neuve	+		Levier disponible
Répartition ind./coll.	+		Levier disponible
Réglementations thermiques, normes, contrôles (neuf)	+		Levier disponible
Actions de réhabilitation dans l'ancien	+		Levier disponible
Augmentation des surfaces et des niveaux de confort	-	+	Clivage entre les futurs
Parts de marché des énergies de chauffage	-	+	Clivage entre les futurs

Pour plus d'informations : <http://www.plan.gouv.fr/>
<http://www.ladocfrancaise.gouv.fr/>

Fiche 2

<u>Titre de l'étude :</u> UN SCENARIO ENERGETIQUE TENDANCIEL POUR LA FRANCE A L'HORIZON 2020
<u>Auteur(s) :</u> CERNA (Pierre-Noël GIRAUD), en collaboration avec ENERDATA
<u>Date de publication :</u> 2000
<u>Mode de publication :</u> rapport final (un article de dénomination identique, mais plus succinct, avait été précédemment publié dans « Réalités Industrielles - Annales des mines », novembre 1999, pp.24-30)
<u>Origine de l'étude :</u> recherche académique, réalisée à la demande de la DGEMP (Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie), menée en complément aux travaux du programme de recherche institutionnel « Energie 2010-2020 » piloté par le Commissariat Général du Plan
<u>Secteur(s) concerné(s) :</u> énergie, transport, habitat
<u>Echelle spatiale :</u> nationale
<u>Horizon temporel :</u> 2020
<u>Méthode employée :</u> définition d'un scénario tendanciel, répondant aux critères de l'AIE, par extrapolation des tendances passées observées en France sur les 25 dernières années. Approche désagrégée par secteurs d'activité. Utilisation du modèle MEDEE-ME.
<u>Hypothèses retenues :</u> Hypothèses générales du scénario tendanciel : <ul style="list-style-type: none"> - Croissance moyenne annuelle du PIB : 2,3% (prévisions BIPE – Club DIVA) - Démographie : 63,5 millions de personnes en 2020, avec 2,35 personnes/ménage (prévisions INSEE) - Croissance du prix du pétrole : constant à 17\$ de 2000 à 2010, à 25\$ de 2015 à 2020 (prévisions de l'AIE) - Maintien des réglementations relatives à l'énergie en vigueur en 1997 (taux de respect en régression) - Les engagements consécutifs à la ratification du protocole de Kyoto ne sont pas pris en compte - Le programme nucléaire est arrêté parce que sa rentabilité se détériore, relativement aux autres sources. Hypothèses sectorielles du scénario tendanciel : <ul style="list-style-type: none"> - Evolution de la fiscalité sur les carburants : +1,5% par an pour le gazole pendant 7 ans pour rattraper le taux applicable à l'essence, puis stabilisation des taux - Croissance moyenne annuelle du fret international : +2,8% pour l'import/export, +4,2% pour le transit - Part modale de la route dans le transport de marchandises : 83% en 2000, 90% en 2020 - Stabilité de la mobilité urbaine TC (en km/an/habitant) entre 1997 et 2020 - Stabilité de la mobilité urbaine VP (en %/an) entre 1997 et 2020 - Croissance de la mobilité extra-urbaine VP : +150 km/an/VP de 1997 à 2010, +400 km/an/VP de 2010 à 2020 - Croissance moyenne annuelle du trafic aérien domestique : +4,3% entre 1997 et 2020 - Croissance moyenne annuelle du trafic aérien international : +4,4% entre 1997 et 2020 - Croissance moyenne annuelle du trafic ferroviaire de marchandises : -1,1% entre 1997 et 2020 - Croissance moyenne annuelle du trafic ferroviaire de voyageurs : +1,0% entre 1997 et 2020 - Diminution moyenne annuelle des consommations unitaires des VP : -0,5%/an en moyenne, soit -10% pour les VP essence et -5% pour les VP gazole entre 1997 et 2020 - Taux de diésélisation du parc de véhicules en 2020 : 45% pour les VP, 90% pour les VUL - Reprise des hypothèses du scénario S1 (construction neuve, équipements en chauffage central, équipement du logement, niveau de la RT, remontée des niveaux de confort de +10% entre 1992 et 2020, +30% pour la variante chauffage électrique). - Opérations de rénovation des logements existants (cf. scénario S2) : gain de 5% entre 1992 et 2020 - Trend décroissant pour la plupart des équipements gros consommateurs d'élec. spéc., sauf pour les téléviseurs (+43% de 1997 à 2020) et les climatiseurs (+ 100%).
<u>Principales conclusions :</u> Résultats des projections du scénario tendanciel : <ul style="list-style-type: none"> - Croissance de la consommation d'énergie finale par le secteur des transports : +1,9%/an en moyenne, soit +52,2% au total entre 1998 et 2020 (52,1 à 79,3 Mtep) - Part du secteur des transports dans la consommation énergétique de l'ensemble des activités économiques (hors usages non énergétiques) : 24,8% en 1998, 27,9% en 2020 - Croissance de la consommation d'énergie finale par le secteur résidentiel-tertiaire : +1,2%/an en moyenne, soit

- +31% au total entre 1998 et 2020 (95,9 à 125,6 Mtep, dont 73,5 pour le résidentiel)
- Part du secteur résidentiel-tertiaire dans la consommation énergétique de l'ensemble des activités économiques : 46% en 1998, 44% en 2020.
- Forte progression du gaz (+2%/an en moyenne) et des consommations totales d'électricité (+1,6%/an en moyenne)

Remarques :

L'objectif de ce travail était de fournir un scénario de référence (« tendanciel » ou « business as usual ») pour fournir un « étalon » de comparaison aux scénarios développés dans les travaux du CGP (Energie 2010-2020).

Les hypothèses générales et sectorielles de ce scénario tendanciel sont proches de celles du scénario S1 du CGP, ce qui explique pourquoi leur consommation d'énergie finale en 2020 est sensiblement identique.

Des variantes du scénario tendanciel sont proposées en annexe du document. Certaines d'entre elles sont obtenues en modifiant une partie des hypothèses sectorielles (ex. application stricte de contraintes sur les émissions unitaires de véhicules, effets potentiels de la loi sur l'air). Toutefois, les économies d'énergie supplémentaires apparaissent relativement marginales (de 1 à 6% des consommations prévues à l'horizon 2020).

Une forte croissance du PIB (+3%/an, soit +17% par rapport au scénario tendanciel en 2020) engendrerait un accroissement de 11% de la consommation énergétique du secteur des transports, alors qu'une croissance faible (+1,7%/an, soit -12,6% par rapport au scénario tendanciel en 2020) permettrait une réduction de 10% de la consommation énergétique du secteur des transports, par rapport aux prévisions du scénario tendanciel.

Les résultats de l'étude concernant les émissions de CO₂ sont trop agrégés : il ne permettent pas de connaître la part imputable aux activités de transport dans l'ensemble de ces émissions.

Au final, ce travail fournit une valeur ajoutée essentielle aux travaux du CGP, en permettant la comparaison des scénarios S1, S2 et S3 à une évolution de référence (« fil de l'eau »). Toutefois, ce travail aurait plus été davantage enrichissant si le format des données (périodes, unités, niveaux d'agrégation) avait été conservé à l'identique.

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Croissance économique (globale et par secteur d'activité)	-	-	Tendance lourde
Croissance démographique	-	-	Tendance lourde
Prix du pétrole	-	-	Tendance lourde
Réglementations et politiques énergétiques en vigueur	-	-	Tendance lourde
Fiscalité sur les carburants	-	-	Tendance lourde
Trafics internationaux de marchandises	-	-	Tendance lourde
Parts modales des trafics de voyageurs et de marchandises	-	-	Tendance lourde
Trafics urbains et non-urbains de voyageurs	-	-	Tendance lourde
Trafics aériens de voyageurs	-	-	Tendance lourde
Trafics ferroviaires de voyageurs et de marchandises	-	-	Tendance lourde
Consommations unitaires des véhicules	-	-	Tendance lourde
Composition des parcs de véhicules	-	-	Tendance lourde

Cet exercice consiste à prolonger les tendances observées sur les 25 dernières années. Par construction, il ne retient donc que des tendances lourdes.

On peut toutefois supposer que certaines variables sont maîtrisables par les pouvoirs publics, telles que la fiscalité sur les carburants et la réglementation sur les consommations d'énergie et les émissions de CO₂.

Pour plus d'informations : <http://www.cerna.enscm.fr/>
<http://www.enerdata.fr/>

Fiche 3

<u>Titre de l'étude :</u> ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE TRANSPORT – Futures, strategies and best practice – Synthesis Report of the OECD project on Environmentally Sustainable Transport (EST)
<u>Auteur(s) :</u> OECD Environment Directorate – Austrian Federal Ministry for Agriculture, Forestry, Environment and Water management
<u>Date de publication :</u> 2000
<u>Mode de publication :</u> rapports intermédiaires et finaux, diffusés publiquement. Cette note de lecture tient compte des informations contenues dans l'ensemble des rapports du projet EST, notamment ses phases 2 et 3.
<u>Origine de l'étude :</u> programme de recherche piloté par l'OCDE, impliquant 9 pays membres de l'institution (Allemagne, Autriche, Canada, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Suède, Suisse)
<u>Secteur(s) concerné(s) :</u> transport, environnement
<u>Echelle spatiale :</u> régions transnationales (périmètres d'étude spécifiques)
<u>Horizon temporel :</u> 2030
<u>Méthode employée :</u> back-casting Cette méthode prospective consiste à définir des objectifs à long terme (ex. critères à respecter), puis, par « projection à rebours », à construire plusieurs scénarios (fondés sur des hypothèses contrastées) permettant d'atteindre ces objectifs.
<u>Hypothèses retenues :</u> Définition des critères EST (objectifs atteints en 2030) : <ul style="list-style-type: none"> - Réduction du bruit (30% à 50% des niveaux de bruit observés en 1990) - Réduction de la pollution atmosphérique (1% à 50% des concentrations observées en 1990 en NOx, Sox...) - Réduction de l'effet de serre (20% à 50% des émissions observées en 1990) - Réduction de l'espace dédié aux infrastructures de transport (par rapport à la surface observée en 1990) <p>Pour chaque région géographique, 4 scénarios sont construits : BAU (tendancier), EST1 (technologique), EST2 (contraintes sur la mobilité) et EST3 (compromis entre EST1 et EST2). Nous ne reprenons ici que les éléments relatifs aux scénarios BAU et EST3.</p> <p>Hypothèses communes à l'ensemble des scénarios :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Croissance moyenne annuelle du PIB (+2,3% pour la France entre 1990 et 2030) - Croissance démographique entre 1990 et 2030 (+15% pour la France, pour atteindre 63,5 millions d'habitants et 2,3 pers./ménage) - Durée de pénétration d'une technologie dans l'ensemble d'un parc de véhicules : 30 ans <p>Hypothèses fondatrices des scénarios « Business As Usual » (« fil de l'eau ») développés pour chaque région : Hypothèses sur l'évolution des activités de transport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du taux de motorisation - Augmentation des trafics automobiles de voyageurs - Augmentation modérée des trafics ferroviaires de voyageurs - Augmentation forte des trafics aériens de voyageurs - Augmentation de la part modale de la VP dans les déplacements de voyageurs - Prolongement du rythme actuel de construction d'infrastructures nouvelles - Prolongement des tendances actuelles à la diminution du taux d'occupation des véhicules - Développement relatif des trafics non urbains <p>Hypothèses sur l'évolution des émissions produites par les activités de transport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exigence accrue des normes relatives aux émissions - La composition du parc de véhicules évolue peu (faible part de véhicules électriques et hybrides) - Amélioration du rendement énergétique dans tous les modes - Réduction des émissions unitaires dans tous les modes - L'usage des carburants évolue peu (le diesel domine, une partie des bus urbains utilisent du gaz naturel) <p>Hypothèses complémentaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - Augmentation modérée du prix des carburants - Prolongement des tendances actuelles à l'étalement urbain

Hypothèses fondatrices des scénarios EST 3 (résultant de consensus raisonnés entre progrès technologiques et maîtrise de la mobilité) développés pour chaque région :

Hypothèses sur l'évolution des activités de transport (hypothèses économiques sectorielles)

- Diminution modérée du taux de motorisation
- Développement des modes doux (y compris infrastructures dédiées)
- Développement du trafic ferroviaire
- Réduction du trafic aérien
- Réduction des déplacements à longue distance

Hypothèses sur l'évolution des émissions produites par les activités de transport (hypothèses technologiques et environnementales)

- Evolution de la composition du parc de véhicules (part significative de véhicules électriques et hybrides)
- Proportion élevée de combustibles renouvelables
- Amélioration du rendement des avions
- Amélioration du rendement des trains (électrification, lignes à grande vitesse)

Hypothèses complémentaires (économiques, géographiques, politiques, organisationnelles, sociétales...)

- Modifications mineures de l'organisation territoriale favorisant la réduction des besoins de déplacements
- Régionalisation et réduction en volume de la production de biens et de services
- Substitution importante des déplacements par l'usage de moyens de télécommunications
- Promotion, par l'éducation et l'information publiques, de comportements plus sédentaires

Principales conclusions :

<i>Evolutions prévues (en % des valeurs de 1990)</i>	Trafic modes doux (passager.km)	Trafic VP (passager.km)	Trafic TC (passager.km)	Trafic aérien (passager.km)	Trafic voy. Total (passager.km)	Emissions totales de CO2
Scénario BAU	84 à 169%	99 à 179%	105 à 200%	219 à 528%	125 à 182%	125 à 160%
Scénario EST3	131 à 327%	34 à 120%	130 à 410%	41 à 150%	84 à 156%	20%

Les émissions unitaires de CO2 (en grammes par véh.km ou par passager.km) diminuent dans tous les scénarios, mais dans des proportions différentes : par rapport aux émissions unitaires de 1990, on observe une réduction de l'ordre de 20% dans le scénario BAU, alors qu'elle est de l'ordre de 60% dans EST3.

Contributions relatives supposées des différents types de mesures permettant d'obtenir le scénario EST3 :

Progrès technologique : 41%

Trafic « évité » : 26%

Taux d'occupation : 15%

Réduction de la taille des véhicules : 11%

Transferts modaux : 7%

Déduction des « trains de mesures » à prendre et de leur phasage :

Mesures réglementaires (ex. normes d'émissions, politiques d'aménagement territorial...)

Mesures économiques (ex. fiscalité des carburants, péages et autres taxes, internalisation des coûts externes, politiques d'investissement en infrastructure, promotion de nouvelles technologies...)

Mesures d'information et de sensibilisation du public aux problèmes environnementaux posés par les transports

Mesures hybrides (ex. permis d'émission négociables...)

De nombreuses mesures sont proposées et hiérarchisées en fonction de leur efficacité potentielle au regard des critères EST.

Remarques :

L'étude s'intéresse surtout aux aspects environnementaux de la mobilité, et aborde par conséquent peu les aspects économiques et sociaux.

La légitimité de la construction des hypothèses et des résultats est contestable : il existe une ambiguïté entre hypothèses et résultats (ex. l'évolution des trafics fait l'objet d'hypothèses, mais elle est également présentée comme un résultat).

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Variables économiques sectorielles (transport)			

Taux de motorisation des ménages	-	+	Clivage entre les futurs
Trafics de voyageurs pour chaque mode	-	+	Clivage entre les futurs
Parts modales	-	+	Clivage entre les futurs
Taux d'occupation des véhicules	-	+	Clivage entre les futurs
Offre d'infrastructures	+		Levier disponible
Tarification des déplacements	+		Levier disponible
Distribution spatiale des déplacements (distance parcourue, OD, type de trajet, urbain, interurbain, rural...)	-	+	Clivage entre les futurs
Variables technologiques et environnementales			
Normes d'émissions en vigueur	+		Levier disponible
Composition des parcs de véhicules (type de carburant, taille, poids, puissance...)	-	+	Clivage entre les futurs
Durée de pénétration d'une technologie dans le parc de véhicules	-	-	Tendance lourde
Rendement énergétique des véhicules	-	-	Tendance lourde
Emissions unitaires des véhicules	-	-	Tendance lourde
Distribution des ressources énergétiques consommées (carburants, énergies renouvelables...)	-	+	Clivage entre les futurs
Variables complémentaires			
Croissance du PIB	-	-	Tendance lourde
Croissance démographique	-	-	Tendance lourde
Fiscalité sur les carburants	+		Levier disponible
Substitution des déplacements par l'usage de moyens de télécommunications	+		Levier disponible
Organisation spatiale des territoires (maîtrise de l'étalement urbain, accessibilité aux logements, emplois, aménités...)	+		Levier disponible
Organisation spatiale des activités de production et de distribution (proximité des autoroutes et des gares)	+		Levier disponible
Sensibilisation des citoyens à la nécessité de modifier les comportements de mobilité	+		Levier disponible
Pour plus d'informations : http://www.oecd.org			

Fiche 4

<u>Titre de l'étude</u> :	TRANSPORT, ENERGIE ET CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES EN FRANCE A L'HORIZON 2030 : APPORTS DE L'APPROCHE « BACK-CASTING » A LA FORMULATION DES STRATEGIES TECHNOLOGIQUES ET ORGANISATIONNELLES
<u>Auteur(s)</u> :	ENERDATA
<u>Date de publication</u> :	1999
<u>Mode de publication</u> :	rapports finaux des 1 ^{ère} et 2 ^{ème} phases du projet (celui de la 3 ^{ème} phase est manquant)
<u>Origine de l'étude</u> :	PREDIT
<u>Secteur(s) concerné(s)</u> :	énergie, transport, localisation
<u>Echelle spatiale</u> :	nationale
<u>Horizon temporel</u> :	2030
<u>Méthode employée</u> :	back-casting Application de la méthode développée dans l'étude « Environmentally Sustainable Transport » de l'OCDE à l'ensemble du territoire français, en utilisant le modèle MEDEE-Transport et en extrapolant à l'horizon 2030 les scénarios S1, S2 et S3 développés par le CGP (dans l'étude « Energie 2010-2020 »)
<u>Hypothèses retenues</u> :	<p>Hypothèses communes à toutes les projections :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Croissance moyenne annuelle du PIB : 2,3% - Croissance de la population : +15% par rapport à 1990, pour atteindre 65,3 millions d'habitants - Diminution de la taille des ménages : 2,74 pers/ménage en 1990, 2,3 pers/ménage en 2030 - Les projections de trafic sont basées sur des élasticités (constantes pour la plupart) par rapport au PIB et à la démographie - L'introduction et la diffusion complète d'une technologie nouvelle dans un parc de véhicules est supposée se faire selon 3 phases, d'une durée totale de 25 ans : apprentissage du marché (environ 5 ans), développement du marché (environ 10 ans, au bout desquels tout véhicule neuf est vendu équipé), pénétration massive de la technologie dans l'ensemble du stock (15 ans) - Des hypothèses différenciées permettent de chiffrer l'évolution des taux de réduction des émissions des véhicules routiers <p>Hypothèses fondatrices des projections « Business As Usual » (BAU) pour les scénarios S1, S2 et S3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baisse de la consommation unitaire dans le transport aérien - Alourdissement du poids moyen des voitures - Augmentation du coût d'utilisation des VP hors carburants - Stagnation de la vitesse VP sur toutes les zones géographiques - Evolutions différenciées de la part des VP neufs selon la taille du véhicule et le niveau d'équipement des ménages (1ère voiture, multiéquipement) - Baisse des consommations unitaires des VP neuves (essence et gazole) - Croissance de la part des VP électriques dans le parc de véhicules - Evolutions différenciées des types de motorisation (essence et gazole) dans les VP neuves - Accroissement de la TIPP - Evolutions différenciées du taux de substitution entre VP et TC en zone urbaine (ZPIU) - Stagnation ou légère réduction de la part modale VP dans les déplacements longue distance - Différentes élasticités (essentiellement au PIB) sont spécifiées pour mettre en relation mutuelle les variables considérées <p>Hypothèses fondatrices des projections « EST1 » pour les scénarios S1, S2, S3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place de normes de qualité sur les carburants - Amélioration des spécifications techniques (réduction du poids...) et du rendement énergétique des véhicules utilisés pour les trajets extra-urbains (moteur thermique, GPL, hybride et PAC), urbains (moteur thermique, électrique), ainsi que des VUL, autobus, cars et PL - Calendrier prévisionnel de l'introduction et l'évolution du taux de pénétration des nouvelles technologies dans le parc de véhicules routiers (ex. pour les véhicules légers : moteur électrique en 1995, hybride en 1998, PAC

GPL en 2006, PAC hydrogène en 2016)

Hypothèses fondatrices des projections « EST2 » pour les scénarios S1, S2, S3 :

- Réduction du « juste à temps » dans le transport de marchandises, incitations pour les industries à se localiser à proximité des lignes ferroviaires, amélioration de la performance du fret ferroviaire (réduction des coûts, augmentation de la vitesse, des capacités et de la qualité de service)
- Soutien au rail pour le transport de voyageurs à longue distance : internalisation des coûts externes pour chacun des modes de transport, incitations à l'usage du train, amélioration de la qualité de service
- En jouant sur les élasticités prix et en adoptant des mesures décourageant l'usage de la VP, le trafic longue distance de passagers à l'horizon 2030 se réduit à 50% du trafic BAU pour S1, 60% du BAU pour S2 et 65% du BAU pour S3
- Consécutivement, la part modale de la VP pour les trajets longue distance décroît très fortement au profit du rail (en faveur duquel des mesures sont prises) : elle passe ainsi d'environ 80% à environ 14%
- Le taux d'occupation des véhicules augment significativement par rapport au BAU (+30% pour les VP, +20% pour le ferroviaire)
- Le trafic urbain et régional motorisé de passagers se réduit à 30% du trafic BAU pour chacun des 3 scénarios S1, S2 et S3
- Parallèlement, la part modale de la VP dans les transports motorisés se réduit, de 78% à 10% pour les déplacements régionaux, de 90% à 10% pour le trafic urbain (ce qui suppose une substitution massive de la VP par le vélo et la MAP)
- Le taux d'occupation augmente significativement par rapport à 1990 (+50% pour la VP urbaine, +20% pour la VP régionale, +50% pour les bus urbains, +30% pour les tramways et les trains régionaux)

Hypothèses fondatrices des projections « EST3 » pour les scénarios S1, S2, S3 :

- Le trafic longue distance de passagers à l'horizon 2030 se réduit à 80% du trafic BAU pour chacun des scénarios S1, S2 et S3
- La part modale de la VP dans le trafic longue distance se réduit à 40% du trafic total, tandis que celle du rail s'élève à plus de 50% (la part modale des cars et des avions reste identique au BAU)
- Les facteurs de charge (taux d'occupation) des VP et des véhicules ferroviaires pour le trafic longue distance augmentent d'environ 10% par rapport au BAU
- Le trafic régional de passager à l'horizon 2030 se réduit à 76% du niveau BAU en 2030
- La part modale de la VP se réduit à 65% dans le trafic régional, à 70% dans le trafic urbain
- La part modale du transport public grimpe à 17% pour les trains régionaux, 18% pour les autobus régionaux, 10% pour les bus urbains et 20% pour le rail et les tramways urbains.
- Les facteurs de charge augmentent pour tous les modes dans les déplacements régionaux et urbains
- La motorisation des véhicules légers, en utilisation locale, est composée pour 60% de PAC-GPL et pour 40% d'énergie électrique
- La motorisation des VP, en utilisation longue distance, est composée de PAC-GPL à 100%
- La pénétration des nouvelles technologies de motorisation dans le parc de véhicules lourds (bus, camions...) est plus hétérogène

Principales conclusions :

L'étude commence par décrire les adaptations apportées aux scénarios S1, S2 et S3 du CGP : extrapolation à l'horizon 2030 et transposition dans le formalisme du modèle MEDEE-Transport.

Projection (horizon 2030)	Scénario	Trafic routier (en % des p.km annuels de 1990)	Trafic ferroviaire (en % des p.km annuels de 1990)	Total trafics (en % des p.km annuels de 1990)	Emissions CO2 (en % des MtCO2 annuelles de 1990)
BAU	S1	180	129	176	156
	S2	173	167	173	149
	S3	155	208	159	141
EST1	S1	171	129	163	20
	S2	165	167	161	20
	S3	141	208	143	20
EST2	S1	21	463	62	20
	S2	23	463	63	20
	S3	23	569	73	20
EST3	S1	101	459	132	20
	S2	98	463	130	20
	S3	97	459	128	20

Commentaires sur les résultats des projections EST1 :

- On note que le succès des projections EST1 dépend largement de la diffusion de la PAC à hydrogène, dont les problèmes techniques sont actuellement loin d'être résolus (production de H2 sans émission de CO2)
- Les projections EST1 sont davantage compatibles avec S2 et S3 qu'avec S1, car elles impliquent un soutien institutionnel et financier de la part de l'Etat

Commentaires sur les résultats des projections EST2 :

- Le succès des projections EST2 dépend essentiellement des changements drastiques à opérer dans la gestion de la demande et des systèmes de transports, ce qui soulève des problèmes politiques, économiques et sociaux importants.
- Les projections EST2 semblent compatibles avec tous les scénarios du CGP
- Comme dans les projections EST1, le problème le plus contraignant est celui du CO2

Commentaires sur les résultats des projections EST3 :

- Le succès des projection EST3 repose à la fois sur des changements à opérer dans la gestion de la demande et des systèmes de transports (stagnation des réseaux routiers, forte expansion des infrastructures ferroviaires), et sur la promotion de nouvelles technologies.
- Notons que cette projection ne dépend pas du recours à la PAC à hydrogène
- Le calendrier de diffusion des nouvelles technologies est identique pour les scénarios S1, S2 et S3

Identification des mesures découlant des résultats des projections EST3 :

- La seconde phase du projet a consisté, en se concentrant sur les hypothèses et les résultats des projections EST3 pour les scénarios S1, S2 et S3, à identifier les mesures (ou trains de mesures) à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs fixés à l'horizon 2030. Pour cela, les mesures préconisées dans l'étude EST de l'OCDE ont été reprises et adaptées au cas français.
- Ainsi, chaque mesure identifiée est caractérisée par 5 attributs : une cible (passager, fret ou les deux), un phasage (graduel, court, moyen, long ou très long terme), un type d'instrument (fiscal, réglementaire, investissement, éducation...), un type d'effet recherché (effet global, régional, local, réduction d'émissions, recours à une plus grande proportion d'énergies renouvelables, réduire l'occupation de l'espace...), un niveau de responsabilité (international, national, régional/local)

Impacts économiques engendrés par les mesures identifiées :

- L'étude commence par souligner la difficulté (l'impossibilité) méthodologique de l'évaluation des impacts socio-économiques d'un scénario de si long terme (30 ans), avec des modèles économétriques classiques.
- Elle préconise donc de s'en tenir à une évaluation comparative des scénarios EST1, EST2 et EST3 (le scénario EST3 est-il « préférable » aux autres ?)
- Pour cela, elle sélectionne 2 séries de critères micro et macro-économique, qu'elle évalue quantitativement à l'horizon 2015, puis qualitativement à l'horizon 2030.
- Des indications qualitatives de l'ampleur (positive ou négative) des impacts de chaque mesure sur les agents économiques concernés, sur les prix et les coûts des biens et des services concernés, sur la technologie et la demande de transport, est ainsi obtenue.
- En conclusion, l'étude stipule que les mesures permettant d'atteindre les objectifs EST3 sont économiquement viables. De plus, elle n'affecte pas significativement l'activité économique à moyen terme (2015) ; par contre, à long terme, des ruptures et des changements structurels sont à prévoir. Toutefois, les auteurs de l'étude admettent que la portée de la méthode employée se limite à un rôle purement descriptif.

Implications sociales engendrées par les mesures identifiées :

- L'opinion des experts de l'OCDE sur les incidences sociales du scénario EST3 a été recueilli par l'intermédiaire d'un questionnaire traité par la méthode Delphi. Les principaux résultats sont ici synthétisés, sans qu'il soit vraiment possible d'en tirer des conclusions pertinentes.
- En définitive, on peut seulement dire que sur le plan social, le scénario EST3 est davantage « souhaitable » que le scénario tendanciel BAU.

Une illustration des impacts socio-économiques, s'appuyant des exemples de l'évolution possible de la vie quotidienne de quelques individus types, permet aux auteurs d'affirmer que l'application du scénario EST3 ne relève pas d'une « révolution », mais conserve une certaine continuité dans les systèmes de valeurs et de préférences actuels.

Remarques :

Les hypothèses mentionnées dans cette étude ont une signification particulière : elles traduisent les conditions nécessaires à l'atteinte des objectifs (respect des critères EST). Cette construction « à rebours » constitue la clé de l'analyse back-casting.

L'évolution des trafics aériens n'apparaît pas dans les résultats des projections.

Le chiffrage des hypothèses (évolutions nécessaires pour atteindre les objectifs) est complexe : il fait alternativement référence aux valeurs observées en 1990, en 1992 et aux valeurs BAU en 2030, ce qui rend difficile les comparaisons, donc l'appréciation des efforts à fournir pour respecter les critères EST.

<i>Variables considérées :</i>			
Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Croissance économique	-	-	Tendance lourde
Croissance démographique	-	-	Tendance lourde
Durée de pénétration d'une technologie dans le parc de véhicules	-	-	Tendance lourde
Fiscalité sur les carburants	+		Levier disponible
Composition des parcs de véhicules (gabarit, poids, puissance, motorisation, énergies alternatives...)			
Rendement énergétique des véhicules	-	-	Tendance lourde
Emissions unitaires des véhicules	-	-	Tendance lourde
Réglementations, normes, contraintes sur la VP (vitesse, qualité des carburants, internalisation des coûts externes...)	+		Levier disponible
Soutien financier au rail	+		Levier disponible
Taux d'occupation des véhicules	-	+	Clivage entre les futurs
Traffics de voyageurs pour chaque mode	-	+	Clivage entre les futurs
Parts modales	-	+	Clivage entre les futurs
<i>Pour plus d'informations :</i> http://www.predit.prd.fr/ http://www.enerdata.fr/			

Fiche 5

<u>Titre de l'étude</u> :	LE SECTEUR DES TRANSPORTS A L'HORIZON 2030 SELON LE SCENARIO « ETAT PROTECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT » DU COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN
<u>Auteur(s)</u> :	BARBIER C. (ECODEV), CAURET L. (INESTENE), VLASSOPOULOU C. (CURAPP)
<u>Date de publication</u> :	2001
<u>Mode de publication</u> :	les cahiers du CLIP (Club d'Ingénierie Prospective Energie et Environnement), n°14 (un rapport de recherche avait été publié en 2000, sous le même nom, par le programme ECODEV)
<u>Origine de l'étude</u> :	Etude menée dans le cadre du programme ECODEV du CNRS, financée par l'ADEME, le METLTM (DRAST-CPVS) et l'IFP
<u>Secteur(s) concerné(s)</u> :	énergie, transport
<u>Echelle spatiale</u> :	nationale
<u>Horizon temporel</u> :	2030
<u>Méthode employée</u> :	extrapolation tendancielle des scénarios S1 (Economie de marché) et S3 (Etat protecteur de l'environnement) du CGP à l'horizon 2030, utilisation d'un modèle de simulation du parc routier (ITEMS), analyse comparative détaillée des résultats et des mesures préconisées dans les scénarios S1 et S3 du CGP
<u>Hypothèses retenues</u> :	<p>Hypothèses fondatrices de l'extrapolation du scénario S3, entre 2020 et 2030 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La croissance économique se poursuit au rythme annuel moyen de 2,3% - Le prix du pétrole reste stable entre 2005 et 2030, à 24\$/baril (en dollar 1995) - L'évolution des trafics est du même ordre de grandeur que celle calculée dans les travaux d'ENERDATA (cf. rapport pour le Predit : « apports de l'approche back-casting..., 1999), malgré quelques différences. - L'amélioration de l'efficacité énergétique (réduction des consommations et des émissions unitaires) des véhicules se poursuit au même rythme (1%/an) <p>Mesures fiscales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poursuite des hausses différentielles de la TIPP sur le gazole (+3% annuels) et l'essence (+1,3% annuels) jusqu'au nivellement des prix par le haut, achevé en 2027, puis stabilisation de la fiscalité - Poursuite de l'application de feebates (surtaxes) de 1000F95 par l/100km pour les véhicules dépassant une consommation énergétique de référence - Stabilisation de la taxe à l'essieu après une progression importante jusqu'en 2020 <p>Mesures réglementaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adoption de normes techniques contraignant la vitesse de pointe des VP (limitation à 160-180 km/h) - Abaissement des vitesses autorisées de 10 km/h - Renforcement de la réglementation sur les conditions de travail des chauffeurs routiers - Renforcement des normes sur la qualité des carburants <p>Carburants alternatifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les hypothèses expliquant les taux de pénétration des énergies alternatives ont été reconstituées pour 2020 (elles n'avaient pas été spécifiées dans le S3 du CGP), puis extrapolées en 2030. - La composition des parcs de véhicules, ainsi que les consommations et les émissions engendrées à l'horizon 2030, ont ensuite été estimées. <p>Développement des infrastructures :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limitation de la croissance du réseau autoroutier à un rythme annuel moyen de 170 km entre 1999 et 2030, pour atteindre 13700 km en 2030 (3000 km de moins que dans l'extrapolation du scénario S1) - Très forte croissance du réseau de LGV ferroviaires, pour atteindre 5800 km en 2030 - Forte croissance de l'offre de TCU : +70% en province, +35% en Ile-de-France entre 1994 et 2030, induisant une croissance des trafics de 28% pour les bus et de 55% pour les TCU ferrés, dont une partie serait issue d'un transfert modal en provenance de la VP - Diminution des consommations unitaires des VP : -26% entre 1994 et 2030 - Augmentation du taux d'occupation des VP de 0,2 points <p>Mise en place d'une politique de gestion des déplacements urbains :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Extension du stationnement payant et limitation du stationnement sur le lieu de travail - Développement des pistes cyclables - Mise en place de mesures fiscales et réglementaires pour densifier la ville et maîtriser l'étalement urbain.

Principales conclusions :**Résultats des projections extrapolées du scénario S3 à l'horizon 2030 :**

- Croissance de la part modale du ferroviaire dans les déplacements interurbains de voyageurs : +6% (de 17% à 23% sur la période 1994-2030)
- Ralentissement de la progression en volume des déplacements urbains de voyageurs, mais les parts modales restent sensiblement identiques (la progression du trafic TCU de 50% est peu perceptible dans le trafic urbain total, la part modale de la VP ne perd que 2 points)
- Augmentation de la consommation d'énergie du secteur des transports (hors maritime et aérien international) : +27,4%, passant de 40,5 Mtep à 51,6 Mtep entre 1994 et 2030.
- Augmentation des émissions de CO2 du secteur des transports (hors maritime et aérien international) : +21%, passant de 117 à 142 MtCO2 (soit 31,9 à 38,7 MtC) entre 1994 et 2030.
- Le trafic routier est le principal responsable de cet accroissement (23 MtCO2 sur 25 lui sont imputées).
- Chaque mesure préconisée fait l'objet d'un chiffrage précis en terme de réduction des consommations d'énergie et des émissions de CO2 (ex. hausse de la fiscalité sur les carburants : 5 à 9,7 Mtep et 14 à 28 MtCO2), ainsi que d'un échéancier montrant comment leur mise en œuvre progresse au cours du temps ; un ordre de grandeur de leur coût économique est également proposé.

Remarques :

Le document propose une analyse très détaillée des évolutions à attendre en cas de modification de la fiscalité sur les véhicules (TIPP, feebates : taxe payée à l'achat du véhicule en fonction de sa consommation moyenne, taxes à l'essieu), de renforcement des réglementations en vigueur (limitation des vitesses, conditions de travail dans le secteur routier, qualité des carburants) et de développement contraint des infrastructures (limitation de la croissance du réseau autoroutier, promotion du ferroviaire et des TCU).

Pour chaque élément constitutif du scénario S3 extrapolé à 2030, le document formule les hypothèses (description des évolutions prévues et des mesures proposées pour modifier cette évolution), les effets attendus (augmentation ou réduction des trafics, des consommations d'énergie, des émissions de CO2, des coûts économiques et sociaux occasionnées par les activités de transport), puis analyse en détail les conditions de mise en œuvre de ces mesures (liens de causalité entre les innovations techniques et phénomènes socio-économiques impliqués, acceptabilité politique et sociale, délais des mise en œuvre des mesures proposées).

Ce travail est rigoureux et détaillé, tant pour ce qui concerne la description des hypothèses fondatrices des scénarios, que pour l'identification des mécanismes expliquant les effets des mesures préconisées sur les résultats attendus. Il permet en outre de prendre connaissance des hypothèses ayant guidé le travail du CGP (ces hypothèses n'étaient pas suffisamment précisées dans les rapports du CGP).

Toutefois, on peut reprocher à ce travail de cumuler certaines hypothèses à la fois optimistes et peu justifiées (ex. augmentation du taux d'occupation des VP, importance du transfert modal de la VP vers les TCU), ce qui entame une partie de la crédibilité de ses prévisions.

De plus, on peut regretter que les comparaisons avec les scénarios S1 et S3 ne soient pas toujours évidentes à établir, car les données utilisées ne sont pas systématiquement comparables (périodes, niveaux d'agrégation...).

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Croissance économique	-	-	Tendance lourde
Croissance démographique	-	-	Tendance lourde
Prix du pétrole	-	+	Clivage entre les futurs
Efficacité énergétique et consommation des véhicules	-	+	Clivage entre les futurs
Fiscalité sur les carburants	+		Levier disponible
Fiscalité sur les véhicules	+		Levier disponible
Réglementation et normes (limitation de la vitesse, qualité des carburants, conditions de travail dans le TRM...)	+		Levier disponible
Composition des parcs de véhicules (motorisation...)	-	+	Clivage entre les futurs
Taux d'occupation des VP	-	-	Tendance lourde
Taux d'équipement des ménages en VP	-	-	Tendance lourde
Offre d'infrastructures (autoroutes, LGV, TCU...)	-	+	Clivage entre les futurs
Trafics de voyageurs pour chaque mode	-	+	Clivage entre les futurs
Disponibilité et tarification du stationnement	+		Levier disponible
Incitations fiscales et réglementaires pour limiter l'étalement urbain (politiques d'urbanisme)	-	+	Clivage entre les futurs

Pour plus d'informations : <http://www.cnrs-bellevue.fr/~ecodev/>

Fiche 6

Titre de l'étude : QUELLES ENERGIES POUR LES TRANSPORTS AU XXI ^{ème} siècle				
Auteur(s) : BAUQUIS P.-R. (ENSPM – IFP school)				
Date de publication : janvier 2004				
Mode de publication : Les cahiers de l'économie, n°55, série analyses et synthèses				
Origine de l'étude : Réflexion prospective proposée à titre personnel par un enseignant, ancien directeur de la stratégie et de la planification du groupe Total				
Secteur(s) concerné(s) : énergie, transport				
Echelle spatiale : globale				
Horizon temporel : 2020, 2050, 2100				
Méthode employée : après quelques rappels historiques de l'évolution des liens entre énergie et automobile, l'auteur propose une analyse prospective reposant sur des prévisions économiques et technologiques conditionnelles, en continuité ou en rupture avec les tendances passées (forecasting).				
Hypothèses retenues :				
Description de la situation actuelle (constats) :				
Consommation d'énergie du secteur des transports en 2000	Monde		France	
	<i>Mtep</i>	%	<i>Mtep</i>	%
Transports routiers	1500	80	40	76
Transports aériens	200	10	6	12
Transports maritimes	100	5	3	6
Autres transports	100	5	3	6
Total transports	1900	100	52	100
Total tous secteurs	9300		200	
Part des transports dans la consommation totale	20%		25%	
<p>- Part du pétrole dans la consommation mondiale d'énergie du secteur des transports en 2000 : 95%</p> <p>- Le prix du pétrole a quadruplé, en termes constants, entre 1970 et 2000</p> <p>Hypothèses sur l'évolution de la production mondiale de pétrole :</p> <p>- L'auteur présente un graphique sur lequel figurent différentes courbes de projection de la production mondiale de pétrole à l'horizon 2050 : prévisions de l'auteur, de l'ASPO, de Shell, de l'AIE et d'une courbe de Hubbert. Notons que l'évolution calculée d'après le modèle de Hubbert montre un pic de production antérieur à l'année 2000 (autrement dit, nous serions déjà sur le déclin de la production mondiale de pétrole), alors que l'auteur prévoit un déclin de la production à partir de 2020.</p> <p>Hypothèses sur l'évolution démographique mondiale :</p> <p>- Ralentissement de la croissance démographique : on passe de 6 milliards d'individus en 2000, à 7,5 en 2020, puis 8 en 2050 et 10 en 2100</p> <p>Hypothèses sur l'évolution économique mondiale :</p> <p>- Doublement, en \$₁₉₉₀ constants, du PIB mondial entre 2000 et 2020, entre 2020 et 2050, puis entre 2050 et 2100 : on passe de 35 T\$ à 300 T\$ en un siècle</p> <p>Hypothèses sur la consommation d'énergie commerciale mondiale :</p> <p>- Ralentissement de la croissance de la consommation d'énergie : de 9,5 Gtep en 2000, on passe à 14 Gtep en 2020, puis à 18 Gtep en 2050, pour atteindre 23 Gtep en 2100</p> <p>- Dans le même temps, l'intensité énergétique du PIB diminue (corrélativement, le rendement énergétique du PIB s'améliore, la croissance économique devient moins énergivore)</p> <p>- Un choc pétrolier, de même importance que celui des années 1970 (quadruplement du prix entre 2000 et 2020), sera nécessaire pour adapter la demande à la pénurie d'offre. Ce choc aura pour effet de développer les économies d'énergie et les énergies renouvelables, de réduire les consommations unitaires des VP, de favoriser la production d'hydrocarbures liquides de synthèse, de stimuler la production d'hydrogène à des coûts compétitifs et de relancer la production d'énergie nucléaire</p>				

Hypothèses sur l'évolution sectorielle des transports (socio-économiques, technologiques...) :

- Les transports terrestres restent dominants en matière de besoins énergétiques : ils représentent invariablement les $\frac{3}{4}$ de la consommation d'énergie du secteur des transports au cours du siècle
- Ralentissement de la croissance de la consommation d'énergie du secteur des transports, résultant à la fois du progrès technologique, de l'intervention des législateurs et des régulateurs, de l'accroissement du coût des carburants pétroliers : on passe de 1,9 Gtep en 2000, à 2,7 en 2020, puis à 3,4 Gtep en 2050, pour atteindre 4,1 Gtep en 2100, mais la part des transports dans la consommation totale d'énergie reste stable à 20% environ
- Diminution de 50% des consommations unitaires moyennes des VP et VU entre 2000 et 2050
- La baisse de la quantité de pétrole produite, combinée à la hausse de la quantité d'énergie nécessaire aux transports, provoquera avant 2050 un manque à combler, donc une nécessaire rupture dans la dépendance exclusive des transports au pétrole, d'autant plus que les transports ne seront pas les seuls usages finaux du pétrole.

Hypothèses sur le développement des hydrocarbures liquides de synthèse, de l'hydrogène et de l'électricité :

- L'auteur émet de nombreuses hypothèses technologiques et socio-économiques sur le développement de ces ressources énergétiques, et conclut que seuls les hydrocarbures liquides seront viables en raison de leurs propriétés physico-chimiques (thermodynamiques). Les autres ressources sont limitées en termes de possibilités de stockage et d'acheminement.
- Les véhicules hybrides possèdent néanmoins un fort potentiel de croissance (pour les usages urbains et périurbains), puisqu'ils pourraient « transférer » jusqu'à 50% de l'énergie consommée par les VP du pétrole vers l'électricité. Couplé au redémarrage de l'industrie électronucléaire, cette technologie peut être vouée à un essor rapide.

Principales conclusions :

- Les évolutions proposées par l'auteur tiennent compte de l'inertie des parcs de véhicules, et ne nécessitent pas de modification des infrastructures de transport et d'énergie, garantissant ainsi une certaine viabilité économique
- Au final, l'auteur estime que les véhicules à hydrocarbures liquides, plus ou moins hybridés, continueront à remplir 80 à 90% des besoins de transport routier au plan mondial au cours du siècle à venir.
- L'auteur reconnaît toutefois que la résolution du problème des émissions de CO₂ dépendra de la teneur en carbone des carburants de synthèse développés et de la pénétration de l'électricité hybride. Ces émissions pourraient alors croître jusqu'à 10 GtCO₂/an vers 2030-2040, puis décroître et se stabiliser à 8 GT/an vers 2060
- Les besoins énergétiques des transports pourront donc être satisfaits malgré le déclin de la production pétrolière mondiale, grâce au développement de carburants de synthèse et à l'énergie nucléaire

Remarques :

- L'auteur propose ici sa propre vision prospective des secteurs de l'énergie et des transports, mais ne la décline pas suivant plusieurs scénarios. Il justifie sa méthode en arguant du fait que ses hypothèses sont discutables, mais qu'elles présentent l'intérêt d'être simples et d'offrir une vision « centrale » de ce que pourrait être l'avenir de ces secteurs. En conséquence, peu de clivages apparaissent entre les différents futurs possibles

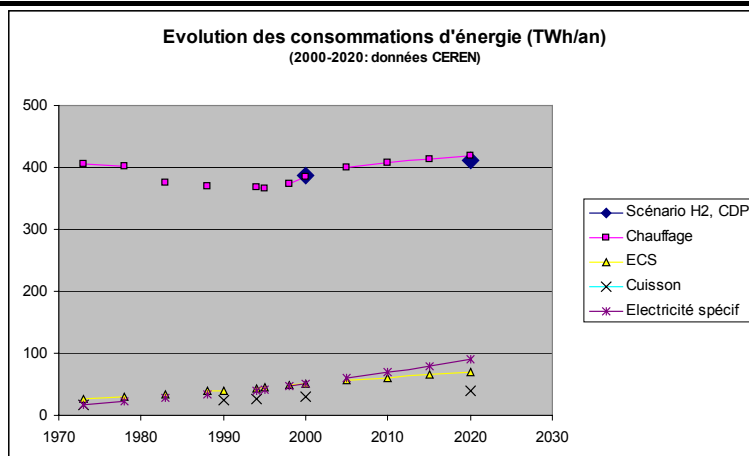
Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Production de pétrole	-	-	Tendance lourde
Démographie	-	-	Tendance lourde
Production économique	-	-	Tendance lourde
Consommation totale d'énergie	-	-	Tendance lourde
Consommation d'énergie du secteur des transports	-	-	Tendance lourde
Répartition par ressource de la consommation d'énergie du secteur des transports	-	+	Clivage entre les futurs
Intensité / rendement énergétique du PIB	-	-	Tendance lourde
Prix du pétrole	-	-	Tendance lourde
Consommations unitaires des véhicules	-	-	Tendance lourde
Améliorations technologiques des carburants	-	+	Clivage entre les futurs
Emissions de CO ₂ émanant des transports	-	+	Clivage entre les futurs

Pour plus d'informations : <http://www.ifp-school.com/>

Fiche 7

<u>Titre de l'étude :</u> PROJECTION TENDANCIELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE DES LOGEMENTS			
<u>Auteur(s) :</u> GIRAULT M., LECOUCVEY F.			
<u>Date de publication :</u> septembre-octobre 2001			
<u>Mode de publication :</u> Notes de synthèse du SES			
<u>Secteur(s) concerné(s) :</u> énergie, habitat			
<u>Echelle spatiale :</u> nationale			
<u>Horizon temporel :</u> 2020			
<u>Méthode employée :</u> définition d'un scénario tendanciel par extrapolation des tendances passées observées en France sur les 25 dernières années (sur la base des travaux du CEREN).			
<u>Hypothèses retenues :</u> Quatre effets ont été pris en compte pour déterminer les variations annuelles de consommation d'énergie de chauffage : - la croissance du parc de logements, - l'évolution de la surface par logement, - l'évolution de la consommation unitaire au mètre carré, - un effet de structure qui prend en compte la moindre consommation des logements neufs, la distinction maison/appartement, le type d'énergie. Les effets évalués sont : - effet des changements de combustible (- 1,7 % sur la période 1980-2000 à - 4,2 % sur la période 2000-2020, dû essentiellement à l'augmentation de la part relative du gaz parmi les combustibles). - effet consommation unitaire, incluant le premier, traduisant souvent le remplacement d'une ancienne installation par une nouvelle (- 9 % sur la période 1980-2000 à - 5,6 % sur la période 2000-2020 du fait du renouvellement des installations et de travaux d'isolation). - effet de structure (- 6,7 % sur 1980-2000 à - 2,1 % sur la période 2000-2020), résultant de plusieurs facteurs à effets contrariés, le développement du chauffage électrique, le chauffage central collectif et les appareils indépendants de chauffage. - effet « neuf », de - 7,8 % sur 1980-2000 à - 4,1 % sur la période 2000-2020, en l'absence de prise en compte de la nouvelle réglementation thermique, - effet « maison individuelle » (+ 1,6 % entre 1980 et 2000 à + 0,7 % entre 2000 et 2020).			
<u>Principales conclusions :</u> Résultats des projections du scénario tendanciel : Les deux premiers facteurs induiraient une croissance des consommations de chauffage de 17,5% entre 2000 et 2020, en partie compensée par une réduction de 8% due aux deux derniers paramètres. Au total, la hausse des consommations de chauffage atteindrait 9 %, pour une consommations globale (Chauffage + Eau Chaude Sanitaire + cuisson + électricité spécifique) en hausse de 19%.			
Consommations énergie finale (TWh)	2000	2020	Evolution (%)
Chauffage	385,0	418,0	+8,6
ECS + Cuisson	79	108	+37
Electricité spécifique	51,0	91,0	+78
TOTAL	515	617	+20

**Remarques :**

L'extrapolation tendancielle réalisée par le CEREN ne prend pas en compte la nouvelle réglementation thermique (RT 2000) de la construction neuve. On peut s'attendre à des consommations totales du parc inférieures à ces prévisions, par l'application de la RT 2000 bien que l'impact apparaisse limité, et principalement par une diffusion rapide, dans le parc de logements existant, des innovations technologiques encouragées par la réglementation.

Le rythme annuel de sortie du parc des résidences principales apparaît élevé : il progresserait de 60 000 à 90 000 logements sur les deux périodes, 1980-2000 puis 2000-2020.

Les actions sur le bâti existant sont écartées.

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Augmentation totale du parc	-	-	Tendance lourde
Taux construction neuve	+		Levier disponible
Répartition ind. / coll.	+		Levier disponible
Augmentation des surfaces	-	-	Ici : Tendance lourde
Effet de structure (équipements chauffage central/appareils indépendants)	-	+	Clivage entre les futurs
Parts de marché des énergies de chauffage	-	+	Clivage entre les futurs

Le principe de cet exercice consiste à prolonger des évolutions observées sur 44 types de logements (non décrits ici, mais différenciés par le type de logement, l'âge du logement, le mode de chauffage et l'énergie principale de chauffage), avec un calage sur la projection du parc total de logements réalisée par l'INSEE.

Pour plus d'informations : <http://www.equipement.gouv.fr/statistiques/>

Fiche 8

<u>Titre de l'étude</u> : LES PERSPECTIVES DE LA DEMANDE DE TRANSPORT A L'HORIZON 2015
<u>Auteur(s)</u> : Commissariat Général du Plan (atelier présidé par A. Bonnafous)
<u>Date de publication</u> : 1998
<u>Mode de publication</u> : rapport final (disponible auprès de La Documentation Française)
<u>Origine de l'étude</u> : programme de recherche institutionnel piloté par le CGP
<u>Secteur(s) concerné(s)</u> : transport
<u>Echelle spatiale</u> : nationale
<u>Horizon temporel</u> : 2015
<u>Méthode employée</u> : élaboration de scénarios d'évolution de la demande de transport, puis comparaison des résultats obtenus par simulation de ces scénarios à l'aide 4 modèles différents.
<u>Hypothèses retenues</u> : Hypothèses du scénario « médian de référence » : - Croissance moyenne annuelle du PIB : 2,4% - Croissance moyenne annuelle de la consommation finale des ménages : 2,3% - Croissance moyenne annuelle du prix du pétrole : 1,5% - Croissance des coûts salariaux - Gains de productivité (découlant en partie d'innovations technologiques) - Stabilité des prix du transport ferroviaire - Faible impact de la déréglementation sur les prix du transport aérien - Ralentissement du rythme de construction d'autoroutes - Stabilisation du rythme de construction des LGV Hypothèse du scénario « croissance soutenue » : - Croissance moyenne annuelle du PIB : 2,9% Hypothèse du scénario « croissance faible » : - Croissance moyenne annuelle du PIB : 2,1% Hypothèses du scénario « favorable à la route » : - Hausse très modérée du prix du pétrole - Maintien de la TIPP sur le gazole à son niveau de 1995 - Forte baisse de la recette unitaire dans le transport aérien de voyageurs - Baisse de la recette unitaire dans le transport ferroviaire de voyageurs Hypothèses du scénario « défavorable à la route » : - Forte hausse du prix du pétrole - Forte hausse de la TIPP - Hausse des taxes sur le transport de marchandises (taxe à l'essieu) - Hausse du coût du transport routier de marchandises (refus du passage à 44 tonnes, baisse de productivité) - Légère baisse de la recette unitaire dans le transport aérien de voyageurs - Légère hausse de recette unitaire dans le transport ferroviaire de voyageurs
<u>Principales conclusions</u> : Résultats des simulations du « scénario médian de référence » : - Des divergences apparaissent dans les simulations du trafic interurbain autoroutier : alors que certaines font apparaître une poursuite de la forte croissance observée par le passé, d'autres prévoient un ralentissement de celle-ci. - Des divergences analogues apparaissent dans les simulations du trafic aérien : les modèles prévoient tous une forte croissance des trafics, mais d'ampleurs différentes selon les modèles utilisés. - Concernant le transport urbain, les modèles s'accordent généralement à prévoir une progression des déplacements (dont l'ampleur dépend de l'hypothèse de croissance économique retenue), avec un taux de

croissance de la VP plus élevé que celui des TC. Il en résulte, à terme, une baisse probable de la part de marché des TC, potentiellement nuancée par une sensibilisation croissante aux problèmes engendrés par la VP.

- Croissance soutenue du fret : la route reste le mode dominant, mais une distinction apparaît entre le modèle LET, qui prévoit une poursuite de la perte de parts de marché du ferroviaire, et le modèle SES, plus optimiste pour l'évolution de ce mode.

Remarques :

Les résultats chiffrés de cette étude n'ont pas pu être reportés dans cette note, en raison de l'indisponibilité de l'ouvrage original.

L'exercice s'attarde davantage sur la pertinence des outils de simulation que sur celle des résultats auxquels ils permettent d'aboutir.

Les tests montrent une forte sensibilité des modèles à la croissance économique, ainsi qu'une faible influence des politiques de transport et de l'offre d'infrastructure.

L'étude commence par rappeler les principales tendances passées du secteur des transports.

L'étude fournit des conclusions relativement pessimistes (ou délibérément alarmistes ?) : malgré les incertitudes sur l'évolution de la croissance économique, et indépendamment des modèles utilisés, l'évolution à attendre des trafics de voyageurs et de marchandises n'est pas « durable ».

De plus, aucune mesure prise à l'initiative de la puissance publique (réglementation, fiscalité, investissements...) ne semble pouvoir infléchir significativement les évolutions induites par le fonctionnement du marché des transports.

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Croissance économique	-	-	Tendance lourde
Revenus et consommation finale des ménages	-	-	Tendance lourde
Prix du pétrole et des carburants	-	+	Clivage entre les futurs
Prix, coûts et recettes unitaires des transports de voyageurs et de marchandises pour chaque mode	-	+	Clivage entre les futurs
Trafics de fret (t*km) et de voyageurs (v*km, déplacements quotidiens...)	-	+	Clivage entre les futurs
Parts modales du transport de voyageurs et de marchandises	-	+	Clivage entre les futurs
Longueur des réseaux d'infrastructures (autoroutières, ferroviaires)	+		Levier disponible
Fiscalité sur les carburants	+		Levier disponible

Pour plus d'informations : <http://www.plan.gouv.fr/>
<http://www.ladocfrancaise.gouv.fr/>

Fiche 9

<u>Titre de l'étude</u> :	MOBILITE URBAINE : CINQ SCENARIOS POUR UN DEBAT
<u>Auteur(s)</u> :	Yves CROZET, Jean-Pierre ORFEUIL, Marie-Hélène MASSOT et le « Groupe de Batz »
<u>Date de publication</u> :	2001
<u>Mode de publication</u> :	rapport publié par la DRAST (METLTM), dans la collection « Notes du Centre de Prospective et de Veille Scientifique », n°16
<u>Origine de l'étude</u> :	travail mené dans le cadre d'un programme de recherche institutionnel piloté par la DRAST-CPVS (Jacques THEYS, Serge WACHTER, Gérard BRUN)
<u>Secteur(s) concerné(s)</u> :	énergie, transport, habitat, localisation
<u>Echelle spatiale</u> :	urbaine
<u>Horizon temporel</u> :	2020
<u>Méthode employée</u> :	Construction de scénarios contrastés, fondés sur la recherche d'un consensus entre experts. Approche systémique (systèmes de transports, de localisations et d'activités). Construction de 4 scénarios volontairement « caricaturaux », puis d'un 5 ^{ème} plus réaliste.
<u>Hypothèses retenues</u> :	<p>Hypothèses communes aux 5 scénarios :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Croissance moyenne annuelle du PIB par tête : 2% ou plus - Croissance démographique faible (+/- 0,5%/an), principalement maintenue par l'immigration - Les contraintes énergétiques se confirment (épuiement du pétrole, renforcement de l'effet de serre) <p>Hypothèses fondatrices du scénario « homo technicus » : volontarisme et technologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mobilité reste une valeur importante, tout comme la croissance économique - L'écologie et la sécurité deviennent également des valeurs importantes - Le progrès technologique (VP et TC) est capable de résoudre les problèmes environnementaux - L'usage de la VP est contraint (vitesse contrôlée, consommations unitaires réduites, accès aux centre-villes réglementé, « route intelligente »...) - La qualité de service des TC est significativement améliorée (vitesse, confort, fréquence...) <p>Hypothèses fondatrices du scénario « homo œconomicus » : maîtrise des coûts et vérité des prix de la mobilité</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le progrès technologique ne suffit pas à réduire significativement les émissions et les consommations unitaires des véhicules - Pour palier à ce problème, on privilégie le recours aux instruments économiques : incitations par les prix et les taxes. Cela conduit à augmenter sensiblement le coût des déplacements (péages urbains, taxes sur les carburants), afin d'obtenir les changements de comportements nécessaires pour rendre durable l'évolution de ce secteur d'activité. - L'individualisme reste une valeur de référence, ce qui implique à la fois une responsabilisation accrue des comportements individuels et une confiance accrue dans les mécanismes de régulation du marché (internalisation des coûts externes). <p>Hypothèses fondatrices du scénario « homo contractor » : maîtrise de la mobilité par des transactions privées</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le progrès technologique ne suffit pas à réduire significativement les émissions et les consommations unitaires des véhicules - Pour palier à ce problème, on tente de réduire le volume de déplacements en privilégiant le recours à des instruments « démocratiques » : la mise en place de contraintes, voire de rationnements par des transactions privées (quotas, permis négociables, droits à circuler) est socialement et politiquement acceptée. - Le développement des NTIC est une condition importante de la réalisation de ce scénario - L'individualisme reste une valeur de référence. <p>Hypothèses fondatrices du scénario « homo politicus » : maîtrise de la mobilité par une transaction urbaine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le progrès technologique ne suffit pas à réduire significativement les émissions et les consommations unitaires des véhicules - L'individualisme reste une valeur de référence.

- L'étalement urbain est maîtrisé par la mise en œuvre de politiques mieux adaptées à la gestion du foncier, sans pour autant remettre en cause l'attrait pour les formes d'habitat pavillonnaire.
 - La préférence pour la fréquence et le confort des déplacements se substitue à la préférence pour la vitesse.
- Hypothèses fondatrices du scénario « homo civis » : innovations et stratégies locales pour une mobilité soutenable (scénario bâti sur la recherche d'un compromis entre les 4 scénarios précédents)**
- Le progrès technologique ne suffit pas à réduire significativement les émissions et les consommations unitaires des véhicules, mais peut permettre une réorganisation radicale des déplacements urbains, sous réserve d'être activement promu par les autorités publiques.
 - Il existe une tension entre les attentes des citoyens et l'action des pouvoirs publics
 - Le renouveau d'un dialogue entre pouvoirs publics et les acteurs de la mobilité peut contribuer à désamorcer cette tension.
 - Le développement de nouveaux usages complémentaires des TC et de la VP peut également contribuer à désamorcer cette tension (à l'inverse, la poursuite de l'usage traditionnel des TC et de la VP se heurterait à des problèmes de financement des infrastructures, de sécurité routière et d'accessibilité insuffisante).

Principales conclusions :

Evolutions prévues entre 2000 et 2020	Traffic VP	Traffic TC	Part de marché VP	Part de marché TC
Homo technicus	+30 à +100%	+25 à +80%	-10 à -18%	+11 à +18%
Homo œconomicus	0 à +20%	+30 à +40%	-10 à -18%	+11 à +18%
Homo contractor	-10 à -20%	+100 à +300%	-28% à -43%	+21 à +38%
Homo politicus	0%	+50 à +60%	-22 à 28%	+16 à +23%
Homo civis	0 à +10%	+50%	-23%	+16 à +23%

Ces résultats sont détaillés selon 3 catégories d'agglomérations (ZPIU<300 000 hab., ZPIU>300 000 hab., Ile-de-France).

Dans tous les scénarios, les TC gagnent des parts de marché au détriment de la VP, ce gain étant variable selon la taille des agglomérations.

L'évolution du trafic urbain total (comprenant VP, TC, 2R et MAP) n'est pas chiffrée.

Remarques :

Nous ne reprenons ici que les principaux résultats en termes d'évolution des trafics.

L'étude ne fournit pas d'information quant aux réductions potentielles de consommations de carburant et d'émissions de gaz à effet de serre.

Cependant, la portée des réflexions menées dans ce travail est plus vaste, puisqu'elles s'intéressent à l'évolution des comportements individuels, de la gestion des affaires publiques et privées et de l'aménagement urbain.

Ce travail procède davantage d'une prospective « littéraire », que d'un exercice d'aide à la décision.

Il est destiné à alimenter les réflexions en cours dans le débat public sur l'avenir de la mobilité urbaine.

Pour tenter de susciter une certaine réactivité, il formule des propositions contrastées, parfois provocatrices.

Il est difficile d'interpréter les relations entre les hypothèses des scénarios, qui font largement appel à des variables qualitatives dont la définition est complexe (ex. systèmes de valeurs culturelles), et les résultats de leurs projections, qui proposent des évolutions en partie chiffrées de la mobilité urbaine.

Une spécificité intéressante de cette étude réside dans la prise en compte de l'évolution des comportements et des préférences individuelles et collectives.

On peut s'interroger sur la robustesse des données chiffrées.

L'identification de variables clés n'est pas évidente compte tenu de la multitude des facteurs d'évolution et des nuances considérées dans ce travail et de sa nature qualitative.

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Croissance moyenne annuelle du PIB	-	-	Tendance lourde
Croissance démographique	-	-	Tendance lourde
Réglementation			
Localisation des activités et des logements			
Innovations technologiques			
Transformations organisationnelles			
Valeurs et références culturelles			

Pour plus d'informations : http://www.equipement.gouv.fr/recherche/publications/publi_drast/notes.htm
http://www.equipement.gouv.fr/recherche/publications/publi_drast/telechargeable/CPVS_16.pdf

Fiche 10

Titre de l'étude : LA DIVISION PAR 4 DES EMISSIONS DE GAZ CARBONIQUE EN FRANCE

Auteur(s) : Mission Interministérielle de l'Effet de Serre (Pierre Radanne – Prospective 2050)

Date de publication : 2004

Mode de publication : article diffusé publiquement

Origine de l'étude : introduction au débat public sur le scénario « facteur 4 »

Secteur(s) concerné(s) : énergie, transport, habitat

Echelle spatiale : globale et nationale

Horizon temporel : 2050

Méthode employée : simulations (dont la méthodologie n'est pas précisée dans cet article) d'une évolution tendancielle et de plusieurs scénarios, dont une partie répond au critère « facteur 4 »

Hypothèses retenues :

Constats (rappel des évolutions passées et description de la situation actuelle) :

- Entre 1973 et 2002 :
- Croissance du PIB : +65%
- Croissance de la consommation d'énergie finale : +8%
- Le découplage observé entre les croissances de l'économie et de la consommation énergétique résulte de la diffusion des techniques faisant appel à l'électricité et au gaz, de l'amélioration du rendement énergétique des équipements, et des changements de comportements.
- Emissions de carbone en France en 2000 : 105 MtC, soit 1 8 tC/hab
- Répartition des émissions de CO₂ en France en 2000 :

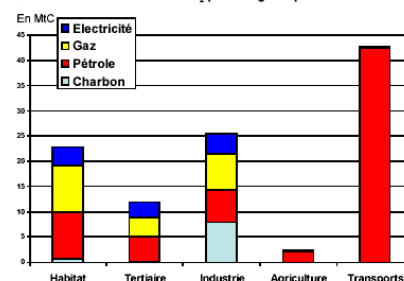
Par secteur d'activité

Transports = 43 MtC
Industrie = 25 MtC
Résidentiel = 23 MtC
Tertiaire = 12 MtC
Agriculture = 3 MtC

Par source d'énergie

Pétrole = 65 MtC
Gaz = 20 MtC
Electricité = 11 MtC
Charbon = 9 MtC

Structure des émissions de CO₂ par énergie et par secteur en 2000



Objectifs à atteindre (critères « facteur 4 ») :

- Concentration atmosphérique de CO₂ à atteindre (échelle globale) : 450 ppm/m³
- Emissions annuelles de carbone à atteindre en France : 32 MtC, soit 0,5 tC/hab (= niveau global durable)

Hypothèses communes à tous les scénarios :

- Croissance du PIB : +1,7%/an (ralentissement induit par une croissance démographique plus faible)
- Population française en 2050 : 64 millions d'habitants
- Accroissement annuel moyen de la surface du parc de logements : +1%/an
- Accroissement annuel moyen de la surface du parc d'activités tertiaires : +2%/an
- Accroissement annuel moyen de la mobilité : +1,7%/an

Hypothèses des 7 variantes proposées :

- « Sans Eco » : variante sans économies d'énergie autres que l'amélioration tendancielle de la performance des équipements actuellement utilisés, et sans inflexion nouvelles des substitutions de sources d'énergie
- « Eco » : variante supposant un effort accentué d'économie d'énergie, mais sans modification des parts de marché entre énergies, par rapport à la variante précédente
- « Offre » : variante supposant une réponse à la contrainte climatique par l'offre (ex. substitutions en faveur de l'électricité d'origine nucléaire), mais sans effort particulier de maîtrise de la consommation d'énergie.
- « F4 nucléaire » : variante supposant une division par 4 des émissions de GES grâce à un développement accentué du nucléaire et à la pénétration de l'électricité dans tous les usages, y compris les transports
- « F4 ss nucléaire » : variante supposant une division par 4 des émissions de GES sans recours au nucléaire,

mais avec un développement accru des énergies renouvelables et de la cogénération

- « F4 séquest » : variante supposant une division par 4 des émissions de GES obtenue par un allègement des contraintes de substitution, notamment dans les transports
- « F4 sN+S » : variante supposant une division par 4 des émissions de GES, avec sortie du nucléaire et recours à la séquestration du gaz carbonique

Chacune de ces variantes assure le même volume d'énergie utile en 2050.
Chacune de ces variantes émet l'hypothèse que le progrès technologique ne peut excéder de plus de 20% les meilleures performances actuelles.

Principales conclusions :

Résultats de l'évolution tendancielle :

- Emissions annuelles de carbone en France en 2050 : 140 MtC
- L'accroissement des émissions de carbone est exclusivement imputable au secteur Transport-agriculture (le volume d'émissions de carbone issues de l'industrie et du résidentiel-tertiaire reste stable)

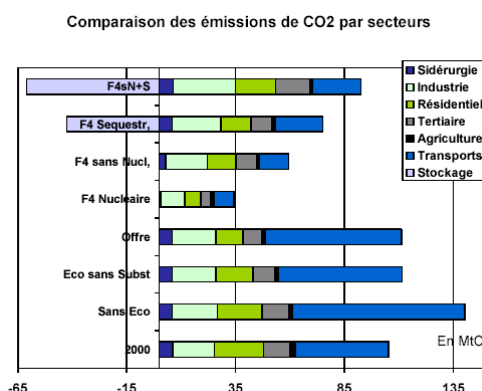
Résultats des simulations des 7 variantes concernant le secteur résidentiel-tertiaire :

- Une consommation d'environ 50 kWh/m² chauffé est nécessaire pour remplir le critère « facteur 4 » à l'horizon 2050
- L'amélioration de l'isolation des bâtiments (par la mise en œuvre de programmes de réhabilitation et l'adoption d'une réglementation thermique contraignante pour le bâti existant) devrait permettre de ramener la consommation d'énergie pour le chauffage et la production d'eau chaude à 44 Mtep en 2050, contre 70 Mtep dans le scénario tendanciel.
- Pour atteindre l'objectif « facteur 4 », une combinaison des 3 possibilités suivantes doit être envisagée :
 - Un passage massif au chauffage électrique (mais la demande d'électricité n'étant pas constante au cours d'une année, le problème des pointes devra être résolu)
 - Un développement des énergies renouvelables (bois, géothermie, solaire, combustion des déchets...), qui pourrait produire jusqu'à 20 Mtep annuels, donc couvrir près de la moitié des besoins de ce secteur
 - Un développement de la cogénération (génération très localisée d'énergie thermique et électrique à partir de combustibles fossiles)
- Des économies devront également être réalisées sur les consommations superflues d'électricité (mise en veille des appareils...)
- En outre, les bâtiments pourront contribuer à la production d'énergie électrique (équipements photovoltaïques et cogénération)

Résultats des simulations des 7 variantes concernant le secteur des transports :

- Un volume d'émissions (annuelles ?) d'environ 10 MtC est nécessaire pour remplir le critère « facteur 4 » à l'horizon 2050
- La part du pétrole devra se réduire à 1/3 de la consommation énergétique totale du secteur
- La substitution du pétrole par d'autres énergies n'est pas envisageable pour l'aérien, le maritime et le transport routier de longue distance
- Pour atteindre l'objectif « facteur 4 », une combinaison des 5 possibilités suivantes doit être envisagée :
 - Une réduction des consommations unitaires, à la fois grâce à l'amélioration du rendement énergétique des moteurs et à la réduction du poids, de la vitesse et de la puissance des véhicules
 - Une substitution croissante du pétrole par les biocarburants (les scénarios « facteur 4 » prévoient une production de biocarburant comprise entre 8 et 14 Mtep)
 - Un développement des véhicules électriques et hybrides (la PAC hydrogène peut être envisagée, mais sa diffusion massive avant 2050 reste très incertaine)
 - Un report modal vers le rail (déplacements interurbains de voyageurs, transport combiné et fret ferroviaire), les TCU et les modes doux (déplacements urbains de voyageurs)
 - Une maîtrise de la mobilité par des politiques d'aménagement et d'urbanisme, permettant une meilleure répartition spatiale des activités et des logements (une substitution de déplacements par les NTIC est également envisagée)

Le graphique ci-dessous compare les émissions de CO₂ prévues en 2050 dans chacun des 7 scénarios et pour secteur d'activité étudié.



L'article conclue en proposant une hiérarchisation des choix à opérer pour atteindre l'objectif fixé (division par 4 des émissions de GES). Sont ainsi classés, selon leur nécessité et leur urgence, les « interdits », les « incontournables », les « ruptures technologiques », les « espaces de choix réels ».

Remarques :

Il est difficile de reconstituer la méthodologie employée dans ce travail, car elle semble combiner à la fois des prolongements tendanciels, des prévisions conditionnelles (forecasting) et des approches téléologiques (backcasting). Elle mériterait d'être explicitée, pour légitimer davantage les recommandations formulées.

Cet article pose les bases d'une prospective de l'effet de serre. En l'état, il ne s'agit pas d'un travail abouti, dont on pourrait évaluer la pertinence des hypothèses et des résultats.

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Croissance économique	-	-	Tendance lourde
Croissance démographique	-	-	Tendance lourde
Croissance des surfaces chauffées	-	-	Tendance lourde
Croissance de la mobilité	-	-	Tendance lourde
Développement des technologies salvatrices (énergies renouvelables, nucléaire, cogénération, séquestration...)	+		Levier disponible
Amélioration technique et réglementation des bâtiments	-	+	Clivage entre les futurs
Répartition des ressources énergétiques consommées par les transports (substitution du pétrole par d'autres ressources...)	-	+	Clivage entre les futurs
Améliorations techniques et réglementation des véhicules (rendement énergétique, poids, vitesse, puissance...)	-	+	Clivage entre les futurs
Parts modales	-	+	Clivage entre les futurs
Répartition spatiale des activités et des logements	-	+	Clivage entre les futurs
Substitution de déplacements par les NTIC	-	+	Clivage entre les futurs

Pour plus d'informations : <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/>
<http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/etudes/Facteur4FrancePR.pdf>

Fiche 11

<u>Titre de l'étude :</u> THE SHAIR SCENARIO – TOWARD AIR AND CLIMATE CHANGE OUTLOOKS, INTEGRATED ASSESSMENT METHODOLOGIES AND TOOLS APPLIED TO AIR POLLUTION AND GREENHOUSE GASES
<u>Auteur(s) :</u> European Environment Agency
<u>Date de publication :</u> décembre 2001
<u>Mode de publication :</u> rapport diffusé publiquement
<u>Origine de l'étude :</u> rapport commandité par l'EEA destiné à compléter le rapport de 1999 <i>Environment in the European Union at the turn of the century</i> . Ce rapport fournissait un scénario fil de l'eau auxquels doivent être comparés les résultats obtenus en utilisant des modèles différents (en les intégrant) et en mettant à jour les hypothèses retenues. Les champs d'investigation retenus par l'étude comprennent les émissions de gaz à effet de serre, les pollutions de l'air (effet de smog, acidification), et la qualité de l'air en zone urbaine. L'objectif annoncé est de fournir un point de départ à l'analyse politique/évaluer des variantes politiques.
<u>Secteur(s) concerné(s) :</u> énergie, transport
<u>Echelle spatiale :</u> européenne
<u>Horizon temporel :</u> 2010-15 (effet des politiques environnementales) / 2050-2100 (changement climatique)
<u>Méthode employée :</u> <i>forecasting</i> (mise en évidence de chaînes de causalité : « forces à l'œuvre – pressions – état – impacts – réponses ») <i>intégration de différents modèles :</i> notamment PRIMES (émissions de CO ₂ issues des sources énergétiques/hypothèses Corinair) et RAINS (émissions d'autres GES / utilisation d'hypothèses transport agriculture sur la base d'hypothèses nationales)
<u>Hypothèses retenues :</u> Rappel des hypothèses de "Shared Analysis Project of the EC" (1999) Démographie : - croissance modeste de la population (1995-2010) de 12 millions d'individus puis stabilité / En 2020 : 384 millions d'individus - taille des ménages : 2,47 en 2010 et 2,36 en 2020 Croissance économique : - projections DG II/OCDE (projet Linkages) / Pas de données par pays et par secteur / Projection 2000-2010 : +2,4%/an / Projection 2010-2020 : +1,85%/an (avec des hypothèses différenciées par secteur selon leur intensité énergétique) Transport : - croissance des distances parcourues (+1,1%/an entre 1995 et 2020 en France, +1,4% en Europe) - Parts modales : transport public (5,2% en 1995 / 3,7% en 2020), VP et moto (84,4% en 1995 / 81,2% en 2020), air (2,5% en 1995 / 4,8% en 2020), train (7,1% en 1995 / 9,7% en 2020) Energie : - Politiques : Libéralisation des marchés du gaz et de l'électricité en 2010 / Poursuite des politiques en faveur des énergies renouvelables / Expansion du nucléaire en France au delà de 2010 / Non prise en compte des impacts des politiques mises en œuvre pour répondre aux exigences du Protocole de Kyoto (mesures non annoncées en 1997) / Valeurs d'émissions fixées pour les centrales prises en compte - Prix des carburants : - Pétrole brut : +2,1%/an (2000-2010), +1,8%/an (2010-2020) - Gaz naturel : +2,3%/an (2000-2010), +1,9%/an (2010-2020) - Charbon : +0,2%/an (2000-2010), +0,3%/an (2010-2020) - Pas de changement décisif de fiscalité (évolutions nominales influencées par l'inflation et par celles des prix de base) - Autres hypothèses : températures –influence sur les consommations d'énergie liées au chauffage–considérées comme constantes au niveau de 1995 - Projection des demandes d'énergie primaire et finale : pas de découplage complet entre croissance et énergie/ augmentation de la dépendance aux importations (65,5% en 2020). Croissance de la demande d'énergie 7% de 2000-2010 et 3,6% de 2010-2020. Projections pour la France : 31% entre 90 et 2020

- Répartition des parts énergétiques (demande d'énergie primaire et finale)

Mise à jour des hypothèses de Shared

- prix de l'énergie (+32% pour le pétrole, +36% pour le gaz)
- Accords avec les constructeurs automobiles pour la réduction des niveaux d'émission des véhicules neufs d'ici 2008
- sous-estimation probable par Shared de la demande de transport (17500 km/personne) faible découplage entre croissance et transport
- prise en compte de politiques différenciées envers le nucléaire : en France pas de restrictions budgétaire

Principales conclusions :

A partir des hypothèses du Shared Scénario (scénario de référence) :

A l'échelle Européenne : augmentation de l'intensité carbonique du système énergétique avec un taux de croissance annuel moyen des émissions de CO₂ de 0,44%, taux proche de celui de la France (les émissions de CO₂ pour la France (Mt) : 1990 = 352, 1995 = 346, 2010 = 389, 2020 = 423)

La répartition par secteur des émissions n'est pas disponible en désagrégé. A l'échelle européenne, jusqu'en 2010 le transport connaît le taux de croissance annuel moyen le plus élevé (1,4%), entre 2010 et 2020 ce taux décroît fortement (0,4%). Les émissions des ménages varient insensiblement autour de leur niveau de 1990 (décroissent jusqu'en 2010 (-0,1% de tcam) puis croissent légèrement (0,1%).

A partir des mises à jour de Shared :

En dépit des scénarios d'enchérissement du prix du pétrole et du gaz la demande d'énergie finale croît (+1% en 2020) par rapport au scénario de référence (les émissions de CO₂ croissent de 3,2%). L'hypothèse concernant la croissance de l'activité transport explique la contribution essentielle du transport à ce résultat (+5 à + 3% par rapport au scénario de référence), en dépit de l'hypothèse touchant les normes d'émission des véhicules.

Variantes - sources d'incertitudes – testées :

- Libéralisation du secteur de l'énergie (implique une modification des parts de marché fortement défavorable aux énergies renouvelables, sans impact sur les émissions de CO₂ cependant)
- Echec de l'accord avec les constructeurs sur les niveaux d'émission EU-ACEA (en cas d'échec de l'accord, les émissions de CO₂ pourraient être de 2% supérieures au scénario de base)
- Rupture en matière d'innovation technologique dans le domaine des énergies renouvelables (impact à l'horizon 2020 et au-delà / faible impact sur le transport)

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertainité	Typologie prospective
Libéralisation du marché dans le secteur de l'énergie		+	
Percée technologique des énergies renouvelables		+	
Accords constructeurs concernant les émissions des véhicules		+	

Pour plus d'informations : <http://www.eea.eu.int/>

Fiche 12

<u>Titre de l'étude :</u> ENERGIE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE : DIVISER PAR TROIS EN TRENTE ANS NOS EMISSIONS DE GAZ CARBONIQUE
<u>Auteur(s) :</u> Henri PREVOT (Conseil Général des Mines)
<u>Date de publication :</u> août 2003
<u>Mode de publication :</u> article paru dans « Les annales des Mines », série « Réalités industrielles »
<u>Origine de l'étude :</u> recherche en cours, issue d'une réflexion initialement proposée lors du débat national sur les énergies
<u>Secteur(s) concerné(s) :</u> énergie, transport, habitat
<u>Echelle spatiale :</u> nationale
<u>Horizon temporel :</u> 2030
<u>Méthode employée :</u> élaboration d'un scénario par l'utilisation d'une méthode spécifique, consistant à considérer comme atteints les objectifs d'émissions (méthode apparentée au « back-casting »). La construction du scénario exclue délibérément le recours à d'éventuelles ruptures technologiques, comportementales ou socio-culturelles.
<u>Hypothèses retenues :</u> Constats (description de la situation actuelle) : <ul style="list-style-type: none"> - Emissions de gaz carbonique causées par la consommation d'énergie France en 2000 : 106 MtC - Répartition par secteur d'activité : <ul style="list-style-type: none"> Transports = 38% Résidentiel et tertiaire = 26% Industrie = 20% Centrales électriques = 10% Autres = 7% Hypothèses fondatrices du scénario proposé : <p>Des hypothèses précises et chiffrées sont formulées sur le développement des énergies alternatives (déchets, biomasse, éoliennes, solaire, photovoltaïque, hydroélectricité, géothermie) à un horizon de 30 ans : pour chaque source, l'auteur estime l'évolution des quantités produites (ressources) et consommées (emplois), ainsi que les coûts économiques et les réductions d'émissions de carbone potentiellement engendrés.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Croissance démographique : +7,5% en trente ans - Développement des VP hybrides en milieu urbain - Réduction de la taille, du poids et de la consommation des VP en milieu urbain - Augmentation de 10% des distances parcourues - Les progrès technologiques ne suffiront pas à régler le problème des émissions des transports de personnes - La création de permis d'émissions négociables ne suffira pas à régler le problème des émissions des transports de personnes, compte tenu des usages contraints de la VP - D'autres mesures doivent donc être envisagées : incitations réglementaires, fiscales et tarifaires pour influencer sur la localisation des logements et la répartition modale... En conclusion, l'auteur suggère que des travaux soient entrepris pour quantifier les réductions d'émissions de GES résultant de l'adoption de ces mesures.
<u>Principales conclusions :</u>

TABLEAU I
Tableau d'ensemble de la consommation d'énergie finale et comparaisons

M tep	En 2002*	Dans 30 ans scénario	D'autres références			
			En 1973	En 1990	Dans 30 ans	
					Tendanciel 1 Cf ci-dessous	Tendanciel 2 Cf ci-dessous
Industrie agriculture	41	41	51	41	41	41
Transport	51	48	26	41,7	74	60
Marchandises	21	24				
Personnes	30	24				
Résidentiel et tertiaire	70	65	56	59,3	97	75
Electricité spécifique	13	15				
Chauffage, ECS	57	50				
Total	162	154	134	142,6	212	176

Source : DGEMP – bilan énergétique provisoire.
Tendanciel 1 : prolongement linéaire des évolutions constatées depuis 1 ans.
Tendanciel 2 : la consommation de l'industrie est constante la consommation par personne des transports et du résidentiel et tertiaire progresse au même rythme moyen que de 1973 à aujourd'hui.

TABLEAU II

La comparaison avec le scénario tendanciel de la DGEMP et le scénario « avec mesures existantes » (AME) de la Mies est plus difficile car ceux-ci portent jusqu'en 2020 et les valeurs de consommation ont été calculées selon une méthode aujourd'hui abandonnée.

Ancienne façon de compter la consommation	1990	Scénario AME de la Mies		Scénario tendanciel DGEMP	
		Valeur 2020	croissance en 30 ans	Valeur 2020	croissance en 30 ans
Transport	45,3	68	+ 50 %	79	74 %
Résidentiel et tertiaire	84,1	121	+ 44 %	126	50 %

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective
Croissance économique	-	-	Tendance lourde
Distances parcourues	-	-	Tendance lourde
Caractéristiques techniques des VP en milieu urbain (réduction de la taille, du poids, de la consommation)	-	+	Clivage entre les futurs
Composition du parc de VP urbaines	-	+	Clivage entre les futurs
Incitations réglementaires, fiscales et tarifaires pour influencer sur la localisation des logements et des activités, ainsi que sur la répartition modale des déplacements	+		Leviers disponibles

Pour plus d'informations : <http://www.annales.org/>

Fiche 13

<u>Titre de l'étude :</u> EFFET DE SERRE : MODELISATION ECONOMIQUE ET DECISION PUBLIQUE
<u>Auteur(s) :</u> Commissariat Général du Plan (groupe présidé par P.N. Giraud)
<u>Date de publication :</u> mars 2002
<u>Mode de publication :</u> rapport diffusé publiquement
<u>Origine de l'étude :</u> programme de recherche institutionnel piloté par le CGP
<u>Secteur(s) concerné(s) :</u> énergie, environnement, transport, habitat
<u>Echelle spatiale :</u> nationale
<u>Horizon temporel :</u> 2010-2020
<u>Méthode employée :</u> recommandations méthodologiques pour la modélisation et l'aide à la décision en matière de gestion des émissions de gaz à effet de serre : 1) Construction d'un « scénario de référence consensuel » fondé sur l'analyse critique de travaux antérieurs, et validé par des experts. 2) Revue comparative de modèles utilisés pour prévoir et évaluer les émissions de gaz à effet de serre en France et à l'étranger.
<u>Hypothèses retenues :</u> Ce travail évoque de nombreuses hypothèses, et retient au final les mêmes que celles des travaux antérieurs (CGP, CERNA-DGEMP, ENERDATA...) : Hypothèses générales : - Croissance du PIB : +2,3%/an entre 2000 et 2020 (hypothèse DIVA) Hypothèses sectorielles « transport » : - Croissance des trafics (tous modes de transport) : hypothèses reprises du PNLCC - Croissance des consommations et des émissions unitaires : hypothèses reprises du PNLCC (sauf pour les VUL et les PL) Hypothèses sectorielles « bâtiment » : - Consommations unitaires de chauffage : hypothèses reprises du PNLCC (idem S2 du CGP) - Croissance de l'utilisation des réseaux de chaleur (chauffage urbain) : +3% d'ici 2010, puis +3% entre 2010 et 2020 - Consommation d'électricité : hypothèses reprises du scénario tendanciel de la DGEMP (cf. CERNA) - Rythme de croissance de la construction neuve : hypothèses reprises de l'INSEE et du CGP (scénario S1) - Evolution des consommation d'eau chaude sanitaire et d'énergie de cuisson : hypothèses reprises du SES-CEREN
<u>Principales conclusions :</u> Des recommandations sont formulées pour améliorer les méthodes de prospective utilisées en France pour traiter des questions liées à l'effet de serre : - La robustesse des scénarios de référence élaborés doit être améliorée - Les hypothèses de ces scénarios de référence doivent être harmonisées avec les travaux menés dans les autres pays européens - Les scénarios de référence doivent être plus fréquemment actualisés, pour tenir compte des modifications du contexte (décisions nationales, directives et procédures communautaires, contexte international) - Les résultats issus des modèles de type MEDEE-ME doivent être systématiquement confrontés aux résultats issus d'autres modèles - L'étude des gaz autres que CO2 devra être renforcée Remarques : Les hypothèses du « scénario de référence consensuel » résultent, comme son nom l'indique, de consensus entre experts, fondés sur une analyse critique de travaux antérieurs (souvent réalisés par ces mêmes experts). Il n'y a donc pas de véritable nouveauté dans ces hypothèses prospectives. Il s'agit plutôt d'une énième tentative de formulation d'hypothèses à 20 ans. Toutefois, le but initial de ce travail n'était pas tant de proposer des scénarios

prospectifs novateur que de critiquer les méthodes d'élaboration de tels scénarios et la conception des modèles utilisés pour simuler leurs effets.

Variables considérées :

<i>Désignation</i>	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective

Pour plus d'informations : <http://www.plan.gouv.fr/>

Fiche 14

<u>Titre de l'étude :</u> EUROPEAN ENERGY AND TRANSPORT TRENDS TO 2030
<u>Auteur(s) :</u> Commission Européenne (DG TREN)
<u>Date de publication :</u> janvier 2003
<u>Mode de publication :</u> rapport diffusé publiquement
<u>Origine de l'étude :</u> étude initiée par la DG TREN pour dresser un bilan prospectif des secteurs de l'énergie et des transports, dans le cadre de l'élargissement de l'Union Européenne et de la publication d'un Livre Vert sur la sécurité énergétique de l'Union
<u>Secteur(s) concerné(s) :</u> énergie, environnement, transport
<u>Echelle spatiale :</u> internationale, européenne, nationale
<u>Horizon temporel :</u> 2010, 2020 et 2030
<u>Méthode employée :</u> forecasting : construction de scénarios fondés sur des hypothèses démographiques et macro-économiques, sur l'utilisation de modèles de prévision (PRIMES), ainsi que sur une consultation d'organisations et d'experts en matière d'énergie.
<u>Hypothèses retenues :</u> Seules les hypothèses concernant la France sont reprises ici. Hypothèses démographiques : - croissance modérée de la population française (60,59 Mhab en 2000 ; 64,56 Mhab en 2020 ; 65,42 Mhab en 2030), mais supérieure à la moyenne européenne des 15 - Diminution de la taille moyenne des ménages : 2,38 en 2000 ; 2,05 en 2020 ; 1,93 en 2030 - On passe donc de 25,46 millions de ménages en 2000 à 33,90 millions de ménages en 2030 Hypothèses économiques : - ralentissement de la croissance du PIB : +2,44%/an de 2000 à 2005 ; +2,31%/an de 2005 à 2010 ; +2,27% de 2010 à 2015 ; +2,20%/an de 2015 à 2020 ; +2,12%/an de 2020 à 2025 ; +2,06%/an de 2025 à 2030 - croissance modérée mais régulière du PIB/hab : 23385 € ₂₀₀₀ en 2000 ; 34619 € ₂₀₀₀ en 2020 ; 42020 € ₂₀₀₀ en 2030 ; soit un taux de croissance annuel moyen d'environ 1,98%/an sur la période, inférieur à la moyenne européenne des 15 - Le taux d'actualisation (discount rate) est fixé à 8% pour les projets d'intérêt général, à 12% pour les investissements industriels et commerciaux, et à 17,5% pour la consommation courante des ménages en transport et logement Hypothèses sur les prix de l'énergie : - Evolution irrégulière du prix du pétrole brut : 28,0 \$ ₂₀₀₀ en 2000 ; 23,8 \$ ₂₀₀₀ en 2020 ; 27,9 \$ ₂₀₀₀ en 2030 - Hausse du prix du gaz naturel : 15,5 \$ ₂₀₀₀ en 2000 ; 20,6 \$ ₂₀₀₀ en 2020 ; 23,3 \$ ₂₀₀₀ en 2030 - Baisse puis stabilisation du prix du charbon : 7,4 \$ ₂₀₀₀ en 2000 ; 7,0 \$ ₂₀₀₀ en 2020 et 2030 - La fiscalité énergétique est supposée inchangée par rapport au niveau de 2002 Hypothèses sur les politiques énergétique et environnementale : les mesures adoptées jusqu'en 2001 (développement technologique, promotion d'un développement économique moins énergivore et davantage basé sur les renouvelables, maîtrise de la consommation d'énergie, libéralisation des marchés de l'énergie...) sont supposées se prolonger tendanciellement, sans prise en compte d'éventuelles mesures additionnelles relatives au protocole de Kyoto
<u>Principales conclusions :</u> Résultats des projections : - La demande d'énergie primaire devrait continuer de croître en Europe, à un rythme cependant moins soutenu que ces dernières années (0,6%/an entre 2000 et 2030, alors que le PIB croîtrait à 2,3%/an en moyenne) - L'intensité énergétique du PIB devrait donc progresser de 1,7%/an - Les émissions de CO2 devraient également continuer de croître à un rythme moins soutenu que ces dernières années, et inférieur à celui de la demande énergétique (0,45% entre 2000 et 2030) - L'intensité carbonique du système énergétique européen devrait donc s'améliorer, au moins jusqu'en 2015, puis se dégrader par la suite (en raison de contraintes technologiques sur les énergies moins carbonées et sur la

- production d'énergie nucléaire)
- La production énergétique propre de l'UE, et donc son indépendance énergétique, devrait décliner pour toutes les sources, exceptées pour les renouvelables (surtout solaire et éolienne)
 - La part d'énergie importée, qui représentait 49,4% des besoins de l'UE en 2000, devrait croître de 18,5 points d'ici 2030 pour atteindre 67,8%
 - La demande énergétique finale du secteur des transports devrait croître de 0,9%/an entre 2000 et 2030, tandis que celle du secteur résidentiel devrait croître de 0,6%/an sur la même période (1,1%/an pour le tertiaire)
 - La demande énergétique du secteur des transports devrait cependant croître moins rapidement en fin de période, du fait des progrès technologique et d'un supposé ralentissement de la croissance des trafics
 - L'évolution à attendre du secteur résidentiel montre un relativement faible potentiel d'accroissement de la demande énergétique, essentiellement imputable aux équipements de confort (climatisation...), dont la consommation sera encouragée par l'augmentation des revenus.
 - Les changements de mode de vie (séjours et restauration hors du logement...), la saturation de certains usages énergétiques, le renforcement des réglementations thermiques et la stabilité démographique de l'UE devraient limiter l'impact de cette surconsommation
 - Les activités de transport de voyageurs devraient augmenter de 1,4%/an, tandis que les activités de fret devraient croître de 2,1%/an entre 2000 et 2030
 - Un ralentissement de la demande de transport de voyageurs est attendu en raison de la stabilité démographique de l'UE et de possibles effets de saturation (expliqués par le fait que la mobilité individuelle serait naturellement limitée...)
 - On obtiendrait ainsi une distance de déplacements liés à l'énergie de 19383 km par tête en 2030, contre 13261 km par tête en 2000
 - Un découplage des croissances du fret et de l'activité économique est attendu, en raison d'une possible dématérialisation de l'économie
 - Croissance des trafics VP de 1,2%/an entre 2000 et 2030, induisant une diminution de la part de ce mode dans le trafic total de voyageurs
 - Les TC routiers et ferroviaires perdent des parts de marché
 - Le trafic aérien de passagers devrait croître de 3,8%/an, doublant ainsi sa part de marché d'ici 2030
 - La consommation d'énergie des transports de voyageurs devrait croître de 0,3%/an entre 2000 et 2030, traduisant un remarquable gain d'efficacité énergétique (i.e. réduction de la consommation au voy.km), surtout pour la VP et les TC ferroviaires (grâce à l'électrification des lignes)
 - La consommation totale d'énergie des transports (fret et voyageurs) devrait croître en moyenne de 0,9%/an entre 2000 et 2030, soit une croissance significativement réduite au regard des évolutions passées (en raison de l'évolution des trafics, qui ne devrait plus être corrélée à celle des revenus, et de l'amélioration des technologies)

Remarques :

Cette étude se situe à un niveau macro-économique international, dont il est indispensable d'avoir connaissance pour saisir les enjeux énergétiques des 30 années à venir, mais qui occulte toute possibilité de comprendre finement l'évolution stratégique des consommations de transport et de logement par les acteurs socio-économiques.

Variables considérées :

Désignation	Maîtrise	Incertitude	Typologie prospective

Pour plus d'informations : http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/figures/trends_2030/index_en.htm

ANNEXE 2 : Présentation du projet AGORA 2020

Agora 2020 est une consultation prospective organisée par le Centre de Prospective et de veille scientifique de la DRAST (Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques du METLTM²⁵) sur les attentes et les besoins de recherches dans les domaines des transports et de la mobilité, du logement et de la construction, de la ville, de l'aménagement du territoire, de l'observation de la Terre et de la gestion des risques.

Dans un premier temps, cette consultation se veut la plus large possible. A la fois générale (consultation du grand public) et sectorielle (consultation des acteurs concernés par les domaines cités), elle a pour but de rassembler les éléments qui serviront à la fois de fondation au dialogue et à la construction d'une vision partagée entre la recherche et la société.

Dans cette perspective de rapprochement, la deuxième phase de cette consultation, consisterait à développer une vision commune des « tendances lourdes », « ruptures potentielles » et « faits porteurs d'avenir » dans et par lesquels se formalisent les enjeux et les axes de recherches associés aux domaines évoqués.

Les troisième et quatrième phases prévues au calendrier d'Agora 2020 ont pour objectif de traduire la confrontation et le rapprochement de ces points de vue et problématiques en termes de prospective afin de proposer une organisation et des axes prioritaires de recherche publique. Ces deux dernières phases concernent l'application pratique des priorités définies précédemment mais aussi leur exploitation en termes d'évolution des stratégies de recherche et d'innovation.

L'ensemble de la démarche présentée devrait s'étaler sur un an et demi. A l'heure actuelle, la première phase s'est déroulée à l'automne 2003. Elle a été organisée autour d'ateliers prospectifs « acteurs » (Ateliers Association, Entreprises, Collectivités Locales, Administration) dont les résultats ont été capitalisés sous la forme d'une synthèse relevant à la fois d'une analyse sectorielle et d'une analyse croisée - des données chiffrées appuyant le propos. La seconde phase se déroulera au cours du mois de mai 2004.

Principales conclusions de la première phase de consultation

Les quatre ateliers « Association », « Entreprises », « Collectivités Locales », « Administration » regroupaient des acteurs concernés par les recherches dans les domaines des transports, de la construction, du logement, de l'urbanisme, de l'aménagement du territoire et de la connaissance de la Terre. Une même série de questions leur a été posée de manière à faire émerger leur préoccupations et attentes actuelles, les lacunes et insuffisances ressenties en matière de recherche, les grands facteurs de changement et les enjeux à l'horizon 2020-2030. Les réponses à ces questions ont été notées, regroupées, synthétisées et hiérarchisées au sein de chaque atelier de manière à pouvoir être comparées entre ateliers.

Un travail d'analyse des convergences et divergences des réponses apportées entre les différents ateliers permet de présenter ce qui est de l'ordre d'une vision partagée par l'ensemble ou partie des acteurs et les points de vue propres à chaque secteur. Dans le cadre d'ETHEL, ceci peut nous éclairer dans le choix des tendances lourdes et hypothèses nécessaires à la construction d'un scénario de référence ou de scénarios contrastés.

²⁵ Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer

Préoccupations et attentes : Une première remarque est que les préoccupations et attentes exprimées par les ateliers d'acteurs suivent des logiques différenciées et propres à leur cadre d'action. Selon l'auteur de cette synthèse, « le seul consensus qui se dégage vraiment concerne l'environnement et la mise en œuvre des concepts du développement durable »²⁶ et « à un degré moindre, se manifeste une inquiétude commune vis-à-vis de la croissance de la mobilité ainsi que des ségrégations et clivages sociaux et leurs traductions dans le domaine des transports, de l'habitat, ... »²⁷

Facteurs de changement à l'horizon 2020-2030 : les principaux facteurs sur lesquels convergent ces acteurs concernent :

- L'environnement (changement climatique, problèmes énergétiques, crise urbaine environnementale, développement durable) ;
- Les valeurs et comportements (modes et rythmes de vies, conflits/ruptures entre acteurs/génération) ;
- Le vieillissement de la population ;
- La structuration de l'Europe (rôle régulateur) ;
- L'impact de la mondialisation (déclin de l'Europe, rééquilibrage et changements géopolitiques, tension Nord-Sud).

De manière plus partielle, les facteurs suivant sont aussi largement mentionnés :

- L'étalement urbain ;
- La croissance de la mobilité ;
- La métropolisation.

Les enjeux à l'horizon 2020-2030 : comme pour les « préoccupations et attentes », on retrouve au niveau de la formulation des enjeux importants une logique sectorielle forte qui limite l'analyse des convergences. Si l'on s'interdit donc de parler d'enjeux partagés par tous les acteurs interrogés, on peut cependant remarquer que « la politique d'innovation technologique » est un enjeu partagé par trois des quatre collèges d'acteurs. La « formation et l'éducation » est également un enjeu cité par tous les ateliers avec une hiérarchisation cependant très contrastée.

Thèmes de recherche : les lacunes ressenties au sein des ateliers d'acteurs et l'expression de leurs attentes ont été l'occasion de formuler des propositions de sujet de recherche. Sont repris ici ceux qui ont été exprimés par au moins trois des quatre catégories d'acteurs :

- Environnement, développement durable, énergie, changement climatique ;
- Comportements des usagers, des citoyens et des consommateurs, choix de localisation ;
- Economie et évaluation des coûts sociaux et environnementaux, globalisation et économie des territoires ;
- Connaissance de la mobilité, transport et interface avec la ville, le territoire et l'environnement, développement de nouveaux modes spécifiques à la ville ;

²⁶ Agora 2020, 1^{ère} phase, *Ateliers prospectifs « acteurs », Synthèse des ateliers*, Centre de Prospective et de veille scientifique, Page 15

²⁷ *Ibid.*, Page 15

- Aménagement de l'espace et des villes, problèmes fonciers, réseaux, renouvellement urbain ;
- Evolutions sociétales, modes de vie, mixité sociale, insécurité et bien-être en ville, régulation sociale, réponses aux besoins sociaux ;
- Gouvernance et impact de la décentralisation, démocratie locale, dialogue avec les habitants ;
- R&D technologique : NTIC, transport, énergie.

Quelques remarques

Dans ce document, nous avons repris les principales conclusions des quatre ateliers prospectifs quand celles-ci exprimaient une convergence totale ou partielle que ce soit au niveau des préoccupations et attentes, des facteurs de changement et des enjeux à l'horizon 2020-2030 ou des thèmes de recherche. L'analyse propre à chaque groupe d'acteurs n'apparaît donc pas dans ce résumé par souci de concision.

Les points de vue partagés, s'il sont intéressants en terme d'axes propices au dialogue ne doivent cependant pas être confondus avec des tendances lourdes : cela reviendrait à considérer qu'une tendance lourde est le point de vue partagé par le plus grand nombre d'acteurs dans le plus grand nombre de domaines. Si cette définition, basée sur le consensus, présente un intérêt certain dans le cadre d'Agora 2020, ce n'est pas celle que nous avons retenue dans le cadre d'ETHEL²⁸.

Par ailleurs, la partie sur les thèmes de recherche est largement plus développée dans la synthèse de la première phase d'Agora 2020. Nous n'avons pas insisté sur cette partie car elle est assez redondante avec les analyses présentées. De plus, en comparant les résultats de cette première phase de consultation avec les résultats du « forum du RST »²⁹ ayant eu à répondre à la question des grands enjeux de recherche futurs, « on note que ce qui est considéré par les groupes d'acteurs comme des "attentes" ou des "lacunes" en matière de recherche sont souvent des réalités programmées »³⁰ par les organismes de recherche.

Enfin, rappelons que nous avons présenté ici la première des quatre phases composant la consultation prospective mise en place dans le cadre d'Agora 2020 : les éléments de convergence mis en exergue sont « relativement généraux » et devraient être approfondis, restreints, spécifiés au cours des phases suivantes de manière à être exploitable dans le cadre de la recherche. Il sera certainement intéressant, au vu des résultats de cette première phase, de suivre le déroulement et les conclusions de cette consultation.

²⁸ Au niveau d'ETHEL une tendance lourde est définie comme une variable dont on peut anticiper les modalités avec une incertitude faible et sur lesquelles les pouvoirs publics ont peu de maîtrise (par exemple la démographie).

²⁹ Réunion des organismes publics de recherche sous tutelle du ministère de l'Équipement et des plans incitatifs (PREDIT, PUCA, RGU), le 26 mai 2003

³⁰ Agora 2020, 1^{ère} phase, *op. cit.*, Page 23

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES PRINCIPALES

THEORIE ET METHODOLOGIE GENERALES DE LA PROSPECTIVE

GODET M. (1997) *Manuel de prospective stratégique*, Tomes 1 et 2, Dunod

HATEM F. (1993) *La prospective – Pratiques et méthodes*, Economica

PLASSARD F. (2003) *Rétrospective de la prospective – Prospective dans le domaine des transports – Recherche critique*, Rapport pour le PREDIT
<http://perso.wanadoo.fr/site-plassard/prospective.htm>

PROSPECTIVE « ENERGIE, ENVIRONNEMENT »

BOISSON P. (1998) *Energie 2010-2020, les chemins d'une croissance sobre*, CGP, La documentation française

GIRAUD P.N. (2000) *Un scénario énergétique tendanciel pour la France à l'horizon 2020*, CERNA en collaboration avec ENERDATA
http://www.cerna.enscm.fr/Documents/PNG_Energie2020.pdf

GIRAUD P.N. (dir.), JESTIN-FLEURY N., AYONG LE KAMA A., VILMART C. (2002) *Effet de serre : modélisation économique et décision publique*, CGP

PREVOT D. (2003) *Quelles mesures prendre dès aujourd'hui pour diminuer profondément les émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie ? – Un scénario de division par trois en trente ans*, Conseil Général des Mines, novembre 2003

RADANNE P. (2004) *La division par 4 des émissions de gaz carbonique en France – Introduction au débat*, Etude de la MIES

PROSPECTIVE « TRANSPORT, MOBILITE »

BAGARD V., CHATEAU B., CHI A., CROZET Y., LOPEZ C. (2003) *Inventaire des prospectives énergie-transport-environnement*, ENERDATA-LET, Rapport pour le PREDIT

BARBIER C., CAURET L., VLASSOPOULOU C. (2001) *Le Secteur des transports à l'horizon 2030 selon le scénario "Etat protecteur de l'environnement" du Commissariat général du Plan – Analyse des mesures à mettre en place, effet sur les émissions de CO2, coût et acceptabilité sociale*, Rapport de recherche, Programme ECODEV

BONNAFOUS A. (dir.), BAUMSTARK L., LAPEYRE J. (1998) *Les perspectives de la demande de transport en 2015*, CGP

CNT (2003) *Prospective des transports en Europe*, Observatoire des politiques et des stratégies de transport en Europe, Dossier n°5
http://www.cnt.fr/Commissions_Permanentes/Observatoire/Europe/Dossier5_Prospective_Transports.pdf

CROZET Y., MASSOT M.H., ORFEUIL J.P. et le « Groupe de Batz » (2001) *Mobilité urbaine : cinq scénarios pour un débat*, DRAST, Notes du CPVS n°16
http://www.equipement.gouv.fr/recherche/publications/publi_drast/notes_16.htm

ECRIN (2004) *Prospective sur les transports*

ENERDATA (1999-2001) *Transport, énergie et contraintes environnementales en France à l'horizon 2030 : apports de l'approche « back-casting » à la formulation des stratégies technologiques et organisationnelles*, Rapports pour le PREDIT

OCDE (1996-2002) *Environmentally Sustainable Transport (EST) project*, Rapports intermédiaires et finaux

PROSPECTIVE « HABITAT, LOGEMENT »

GIRAULT M., LECOUEY F. (2001) *Projection tendancielle de la consommation d'énergie des logements*, Notes de synthèse du SES

TRAISNEL J.P. (2001) *Habitat et développement durable, bilan rétrospectif et prospectif*, in Cahiers du CLIP n° 13, pp. 5-72

PROSPECTIVE « LOCALISATIONS, AMENAGEMENT, USAGE DU SOL »

ORFEUIL (2000) *Stratégies de localisation : ménages et services dans l'espace urbain*, La documentation française

REFERENCES COMPLEMENTAIRES

ADEME (1994) *Transports, Energie, Environnement : Le défi*

ADIT (2000) *La voiture du futur*, ADIT, DRAST-CPVS, INRETS, Ouvrage collectif édité par l'ADIT

ANDAN O., FAIVRE D'ARCIER B., LEE-GOSSELIN M. (2000) *L'avenir des déplacements en ville*, Collection Etudes et Recherches n°12, LET

ARMOOGUM J., HIVERT L., MASSOT M.H. (2002) *Pari 21, Etude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense parisienne*, Rapport de recherche INRETS, n°243

ATN (2002) *Simulation de scénarios d'évolution prospective de la mobilité urbaine à 20 ans – Application à l'aire urbaine de Lyon*, Rapport pour la DRAST

AUSUBEL J.H., MARCHETTI C., MEYER P.S. (1998) *Toward green mobility : the evolution of transport*, European Review, Vol. 6, n°2, pp.137-156
http://phe.rockefeller.edu/green_mobility/

BAGARD V., CROZET Y., JOIGNAUX G., JOLY I., VERNY J. (2002) *Le couplage des croissances de l'économie et des transports est-il inéluctable ?*, LET, INRETS, Rapport pour la DATAR

BIEBER A., MASSOT M.H., ORFEUIL J.P. (1993) *Questions vives pour une prospective de la mobilité quotidienne*, Synthèse INRETS, n°19

BONNAFOUS A. (dir.), BRUN G., NICOLAS J.P. (1999) *Les transports et l'environnement – Vers un nouvel équilibre*, CNT, La documentation française

BONNAFOUS A., PLASSARD F., VULIN B. (1993) *Circuler demain*, Editions de l'Aube

BONNAFOUS A. (dir.), BUSSIERE Y. (dir.) (1993) *Transport et étalement urbain : les enjeux*, INRS, LET, Centre Jacques Cartier

BONNEL P., CAUBEL D., MIGNOT D. (2002) *Etude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise*, LET

BONNEL P. (2000) *Lyon 21, Etude de faisabilité d'un système radicalement différent pour l'agglomération lyonnaise*, LET, INRETS

BOURDAIRE J.M. (2000) *Le lien entre consommation d'énergie et développement économique*, World Energy Council
http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/other_papers/bourdaire.asp

BRESSE B., MORCHEOINE A., ORFEUIL J.P. (1995) *Energie, environnement et déplacements urbains : quelques points de repères*, ADEME-INRETS

BRUTEL Ch., OMALEK L. (2002), *Projections démographiques pour la France, ses régions et ses départements à l'horizon 2030*, Données sociales 2002, INSEE

BUISSON M.A., CUSSET J.M., ETIENNE V., MIGNOT D. (1995) *Prospective des villes en 2010*, Collection Etudes et Recherches, n°4, LET

CASANOVA P. (2001) *Conception d'un modèle générique de simulation pour l'étude prospective à 20 ans de la mobilité urbaine en France MOBISIM*, ATN, Rapport pour le PREDIT

CEMT (2002) *Les Transports dans les années 2000*, Rapports introductifs et synthèse

CEMT (2001) *Réduire les émissions des véhicules*

CEMT (1999) *Quels changements pour les transports au siècle prochain ?*, 14^{ème} symposium

CETE de l'Est (1995) *Se déplacer au quotidien dans trente ans*, Actes du colloque des 22 et 23 mars 1994

CERTU (1999) *Automobiles pour la ville à l'horizon 2010 – Nouvelles gestions de l'automobile urbaine –*

Partenariat avec le transport public

- COMMISSION EUROPEENNE (1998) *ESTEEM project*, Final report
- COMMISSION EUROPEENNE (1998) *SPARTACUS project*, Final report
- COMMISSION EUROPEENNE (2003) *PROSPECTS project*, Deliverables and final report
- COMMISSION EUROPEENNE (2002) *TRANSPLUS project*, Deliverables
- COMMISSION EUROPEENNE (2002) *SCENES project*, Final report
- COMMISSION EUROPEENNE (2000) *Recommandations for actions towards sustainable transport*, Joint expert group on Transport and Environment
- COMMISSION EUROPEENNE (2000) *FANTASIE project*, Final report
- DATAR (2003) *La France en Europe : quelle ambition pour la politique des transports ?*
[http://www.datar.gouv.fr/Datar_Site/DATAR_Actu.nsf/\\$ID_Chapitre/CLAP-5LVJW9](http://www.datar.gouv.fr/Datar_Site/DATAR_Actu.nsf/$ID_Chapitre/CLAP-5LVJW9)
- DRAST CPVS (2003) *Automobile, environnement et société à l'horizon 2010-2020*, Séminaire des 21 et 22 janvier 2003
- DRON D., COHEN DE LARA M. (2000) *Pour une politique soutenable des transports*, La documentation française
- EEA (2000 – 2002) *TERM project*, Final reports
- EEA (2001) *The Shair Scenario*
- ENERDATA (2000) *Un scenario de transport écologiquement viables en France à l'horizon 2030*, Rapport pour l'ADEME
- GALLEZ C. (2003) *Coûts des déplacements et localisation de l'habitat : des arbitrages individuels aux arbitrages collectifs*, LVMT
- GALLEZ C. (2002) *Indicateurs de comparaison de scénarios prospectifs : peut-on élargir le débat sur l'avenir de la mobilité urbaine ?*, INRETS, Revue RTS (à paraître)
- GALLEZ C. (2000) *Systèmes d'indicateurs pour l'évaluation prospective de scénarios d'évolution de la mobilité urbaine*, INRETS, Recherche pour le PREDIT
- GALLEZ C. (1995) *Une nouvelle perspective pour une projection à long terme des comportements d'équipement et de motorisation*, Revue RTS n°48, pp.3-14
- GAUDRY M., JETTEN J. (2003) *Prospectives 2020, modélisation et investissements en infrastructures de transport aux Pays-Bas*, Agora Jules Dupuit, NEA
- GIRAULT M., SIMON O. (1998) *La mobilité locale croîtra plus modérément d'ici 2020*, Notes de synthèse du SES, n°119, pp. 19-24
- GODARD O., MOISAN F. (1998) *Energie 2010-2020*, Rapport du CGP, Atelier "Trois scénarios énergétiques pour la France"
- GODET M. (1986) *Prospective et planification stratégique*, Economica
- HAKKERT S., KAPLAN S., SHIFTAN Y. (2003) *Scenario building as a tool for planning a sustainable transportation system*, Transportation Research Part D
- INTERFACE TRANSPORT (1998) *Les prévisions de trafic urbains et interurbains de voyageurs et de trafics de marchandises à l'horizon 2015*, Rapport réalisé pour le CGP
- ITS Leeds (2000) *Separating the Intensity of Transport from Economic Growth*, University of Leeds, Report on a Workshop at University « La sapienza », Rome
- Les cahiers du Clip n°14 (2001) *Les transports à l'horizon 2030*
- Les cahiers du Clip n°13 (2001) *Le véhicule électrique à l'horizon 2050 : introduction du véhicule électrique dans le parc français des véhicules particuliers à l'horizon 2050*, pp.75-103
- Les cahiers du Clip n°12 (2001) *Parc automobile et effet de serre : agir sur le parc automobile pour réduire l'effet de serre*
- Les cahiers du Clip n°9 (1998) *Automobile et développement durable : bilan environnemental-matières 1975-*

2050 et *Automobile et gaz naturel : scénarios prospectifs et impacts sur l'environnement*, pp.7-64

Les cahiers du Clip n°1 (1993) *Le moteur à explosion : exercice de prospective mondiale des transports routiers*

MADRE J.L. (2000) *Prospective des trafics en Ile de France reposant sur des scénarios d'offre et de croissance économique*, INRETS, Recherche pour le PREDIT

NAKICENOVIC, NEBOJSA, SWART (2000) *Emissions Scenarios*, Special Report of the IPCC, Cambridge University Press

NAKICENOVIC, NEBOJSA, GRUBLER, McDONALD (1998) *Global energy perspectives*, World Energy Council, International Institute for Applied Analysis, Cambridge University Press

NOBLET (de) J. (1997) *Dessiner le futur de la mobilité urbaine*, PSA Peugeot Citroën

ORFEUIL J.P. (2000) *L'évolution de la mobilité quotidienne*, Collections de l'INRETS, n°37

ORFEUIL J.P. (1999) *Evolution des mobilités locales et interface avec les stratégies de localisation*, PUCA

ORFEUIL J.P. (1993) *Eléments pour une prospective transport-énergie-environnement en Europe à l'horizon de 20 ans*, Rapport de convention INRETS-SRETIE

OCDE (2002) *Synthesis of OECD work on transport and environment and survey of related OECD, IEA and ECMT activities*

PAPON F. (2002) *Prospective de la mobilité en Ile-de-France – Les apports et les limites d'une démarche économétrique*, Revue RTS, n°77

POCHET P. (2003) *Mobilité et accès à la voiture chez les personnes âgées : évolutions actuelles et enjeux*, Revue RTS, n°79, pp. 93-106

RICHARDS B. (2001) *Futur Transport in Cities*, Spon Press

RIES R. (dir.), BAUMSTARK L., QUILLEROU G., VILMART C., HERAULT B. (2003) *Transports urbains : quelles politiques pour demain ?*, CGP
<http://www.plan.gouv.fr/Services/seeat/Publications/rapportTU.pdf>

ROUVEIROLLES P. (2002) *L'origine des émissions des véhicules – Les évolutions prévisibles*, Transport Environnement Circulation, n°171, pp.13-15.

SCHAFER A., VICTOR D.G. (2000) *The future mobility of world population*, Transportation Research Part A

SCHAFER A. (2000) *Regularities in travel demand : An international perspective*, Journal of Transportation and Statistics

SES (1998) *La Demande de transport. Perspectives d'évolution à l'horizon 2020*

SES (1997) *La Demande de transports en 2015*

SES (1996) *Perspectives d'évolution de la demande de transport à l'horizon 2015*

WORLD ENERGY COUNCIL (2000) *L'énergie pour le monde de demain : le temps de l'action*

WORLD ENERGY COUNCIL (1998) *Global transport and energy development : the scope for change*